

## 明 細 書

## 裏面入射型光検出素子及びその製造方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、裏面入射型光検出素子及びその製造方法に関するものである。

## 背景技術

[0002] 図69に示す従来の裏面入射型ホトダイオード100においては、N型シリコン基板101の表面側の表層にP<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域102及びN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域103が形成されている。P<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域102及びN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域103には、それぞれアノード電極104及びカソード電極105が接続されている。両電極104, 105上には、半田からなるバンプ電極106が形成されている。また、N型シリコン基板101は、P<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域102に対応する部分が裏面側から薄板化されている。この薄板化された部分が被検出光の入射部となる。

[0003] 裏面入射型ホトダイオード100は、図69に示すように、フリップチップボンディングによりセラミックパッケージ107に実装される。すなわち、裏面入射型ホトダイオード100のバンプ電極106が、セラミックパッケージ107の底面配線108上に設けられた半田パッド109と接続されている。底面配線108は、出力端子ピン110にワイヤボンディングで接続されている。また、セラミックパッケージ107の表面には、窓枠111がロウ材112でシーム溶接されている。窓枠111には、裏面入射型ホトダイオード100の薄板化された部分に対応する位置に開口が形成されており、この開口部分に被検出光を透過させるコバールガラス等の透過窓材113が設けられている。

特許文献1:特開平9-219421号公報

## 発明の開示

## 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、裏面入射型ホトダイオードにおいては、セラミックパッケージを用いる上記構成では、そのパッケージが大きくなってしまいうという問題がある。

[0005] 一方、特許文献1には、半導体電子部品に対するCSP(チップサイズパッケージ)

技術が開示されている。この技術においては、半導体電子部品が作りこまれたウエハの両面を樹脂等の有機材料により封止するとともに、ウエハの一面側に設けられた有機材料にフォトリソグラフィにより開口を形成し、その開口に電極を形成している。

- [0006] 上記のCSP技術を裏面入射型ホトダイオードに適用して、そのパッケージサイズを小さくすることも考えられるが、その場合には以下の問題を生じる。すなわち、裏面が樹脂で封止された裏面入射型ホトダイオードにおいては、その樹脂の表面が被検出光の入射面となる。ところが、樹脂表面を被検出光の波長レベルで十分に平坦化することは困難な場合がある。樹脂表面が十分に平坦化されていないと、被検出光の入射面が粗くなり、それゆえ入射面において被検出光が散乱を受けてしまうという問題がある。そして、被検出光が散乱を受けることは、裏面入射型ホトダイオードの感度低下にもつながってしまう。

- [0007] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、パッケージを十分に小さくでき、且つ被検出光の散乱を抑制することができる裏面入射型光検出素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0008] 本発明による裏面入射型光検出素子は、第1導電型の半導体基板と、半導体基板の第1面側における表層に設けられ、第2導電型の不純物半導体領域と、半導体基板の第2面における不純物半導体領域に対向する領域に形成され、被検出光が入射する凹部と、凹部を覆うようにこの凹部の外縁部に接合され、被検出光を透過させる窓板と、を備えることを特徴とする。
- [0009] この裏面入射型光検出素子においては、窓板が半導体基板の外縁部に接合されている。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型光検出素子を得ることができる。それゆえ、パッケージが十分に小さい裏面入射型光検出素子の実現される。
- [0010] さらに、この裏面入射型光検出素子においては、窓板の表面が被検出光の入射面となる。窓板は樹脂に比して表面の平坦化が容易であるので、入射面における被検出光の散乱が抑制される。
- [0011] 裏面入射型光検出素子は、半導体基板の第1面上に設けられ、半導体基板を支

持する支持膜を備えることが好適である。この場合、裏面入射型光検出素子の機械的強度が向上する。

[0012] 裏面入射型光検出素子は、支持膜を貫通するとともに、一端が不純物層と電氣的に接続された充填電極を備えることが好適である。この場合、検出信号を裏面入射型光検出素子の外部に容易に取り出すことができる。

[0013] 窓板は、光透過性部材からなり、陽極接合により外縁部に接合されていることが好適である。この場合、窓板と外縁部との界面において、両者を強固に接合することができる。

[0014] 上記光透過性部材は石英(コルツ)であり、窓板は、この窓板上に形成されたアルカリ金属を含むガラスを介して外縁部に接合されていることが好適である。この場合、石英は可視光やUV光に対する透過率が特に高いため、裏面入射型光検出素子の感度が向上する。また、アルカリ金属を含むガラスは、例えばパイレックス(登録商標)ガラスであり、石英からなる窓板と外縁部との間における強固な陽極接合を保証している。

[0015] 窓板は、金属層を介して外縁部に接合されていることが好適である。この場合、窓板と外縁部とは、金属接合により強固に接合される。

[0016] 裏面入射型光検出素子は、半導体基板の側面又は窓板の側面に、段差部が形成されていることを特徴としてもよい。この段差部は、ダイシングを複数の段階に分けて行うとともに、各段階において相異なる厚さのブレードを用いることにより形成される。ダイシングを複数の段階に分けて行えば、硬度が相異なる半導体基板及び窓板のそれぞれに適したブレードを用いてダイシングを行うことが可能となる。このため、ダイシングの際に、半導体基板と窓板との界面においてチップングが発生するのを防ぐことができる。

[0017] 半導体基板の外縁部の第2面側における表層に、第1導電型の不純物が高濃度に添加された高濃度不純物半導体層が設けられていることが好適である。この場合、外縁部の第2面側における表面付近に結晶欠陥が生じている場合であっても、結晶欠陥に起因して発生する不要キャリアによる暗電流やノイズを高濃度不純物半導体層を設けることにより抑制することができる。

- [0018] 半導体基板の第2面側における表層のうち、凹部の底面部分に、第1導電型の不純物が高濃度に添加された高濃度不純物半導体層が設けられていることが好適である。この高濃度不純物半導体層は、アキュムレーション層として機能する。これにより、被検出光の入射により発生したキャリアをその電界分布により効果的にPN接合部に導くことができ感度が向上する。
- [0019] 半導体基板の側面全体に、第1導電型の不純物が高濃度に添加された高濃度不純物半導体領域が露出していることが好適である。この場合、半導体基板の側面がダイシング等により機械的ダメージを受けている場合であっても、半導体基板の側面付近で発生した不要キャリアによる暗電流やノイズを高濃度不純物半導体領域を設けることにより抑制することができる。
- [0020] 窓板は、その厚さ方向に垂直な面での断面形状が、少なくとも1つの角が切り欠かれた四角形であることが好適である。この場合、裏面入射型光検出素子のダイシング時におけるチップングの発生が抑制される。
- [0021] 本発明による裏面入射型光検出素子の製造方法は、第1導電型の半導体基板の第1面側における表層に、第2導電型の不純物半導体領域を形成する不純物半導体領域形成工程と、半導体基板の第2面における不純物半導体領域に対向する領域に、被検出光が入射する凹部を形成する凹部形成工程と、被検出光を透過させる窓板を、凹部を覆うようにこの凹部の外縁部に接合する窓板接合工程と、を備えることを特徴とする。
- [0022] この製造方法によれば、窓板接合工程において窓板を半導体基板の外縁部に接合している。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型光検出素子を得ることができる。したがって、本製造方法によれば、パッケージが十分に小さい裏面入射型光検出素子の実現される。
- [0023] 窓板は光透過性部材からなり、窓板接合工程においては、窓板を、陽極接合により外縁部に接合することが好適である。この場合、窓板と外縁部との界面において、両者を強固に接合することができる。
- [0024] 窓板接合工程においては、窓板を、金属層を介して外縁部に接合することが好適である。この場合、窓板と外縁部とは、金属接合により強固に接合される。

[0025] 不純物半導体領域形成工程においては、不純物半導体領域を複数形成し、凹部形成工程においては、複数の不純物半導体領域のそれぞれに対して凹部を形成し、窓板接合工程においては、窓板を、複数の凹部を覆うように外縁部に接合し、不純物半導体領域とこの不純物半導体領域に対向する凹部とからなる複数の対が一對ずつに分割されるように、半導体基板の第1面から窓板の表面までを複数の段階に分けてダイシングするダイシング工程を備えることが好適である。

[0026] この場合、半導体基板と窓板とを別々の段階に分けてダイシングすることができる。これにより、硬度が相異なる半導体基板及び窓板のそれぞれに適したブレードを用いてダイシングを行うことが可能となる。このため、ダイシングの際に、半導体基板と窓板との界面においてチップングが発生するのを防ぐことができる。なお、「半導体基板の第1面から窓板の表面までをダイシングする」とは、ダイシングの向きを限定するものではない。すなわち、ダイシング工程においては、半導体基板の第1面側から第2面側へと向かってダイシングしてもよいし、第2面側から第1面側へと向かってダイシングしてもよい。

#### 発明の効果

[0027] 本発明によれば、パッケージを十分に小さくでき、且つ被検出光の散乱を抑制することができる裏面入射型光検出素子及びその製造方法が実現される。

#### 図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明による裏面入射型光検出素子の第1実施形態を示す断面図である。

[図2]図1の裏面入射型ホトダイオード1を示す斜視図である。

[図3]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図4]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図5]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図6]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図7]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図8]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図9]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図10]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図11]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図12]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図13]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図14]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図15]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図16]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図17]図1の裏面入射型ホトダイオード1を製造する方法を示す工程図である。

[図18]図16に示すダイシング工程の変形例を説明するための図である。

[図19]図18で説明したダイシング工程により得られる裏面入射型ホトダイオードの構造例を示す断面図である。

[図20]図18で説明したダイシング工程により得られる裏面入射型ホトダイオードの構造例を示す断面図である。

[図21]図18で説明したダイシング工程により得られる裏面入射型ホトダイオードの構造例を示す断面図である。

[図22]図18で説明したダイシング工程により得られる裏面入射型ホトダイオードの構造例を示す断面図である。

[図23]図1の裏面入射型ホトダイオード1の第1変形例を示す断面図である。

[図24]図1の裏面入射型ホトダイオード1の第2変形例を示す断面図である。

[図25]図1の裏面入射型ホトダイオード1の第3変形例を示す斜視図である。

[図26]図1の裏面入射型ホトダイオード1について、ダイシング前のウエハを窓板13側から見たときの様子を示す平面図である。

[図27]図25の裏面入射型ホトダイオード1cについて、ダイシング前のウエハを窓板13側から見たときの様子を示す平面図である。

[図28]本発明による裏面入射型光検出素子の第2実施形態を示す断面図である。

[図29]図28における $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域28を形成する方法の一例を説明するための図である。

[図30]図28における $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域28を形成する方法の一例を説明するための図である。

[図31]図28におけるN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28を形成する方法の一例を説明するための図である。

[図32]本発明による裏面入射型光検出素子の第3実施形態を示す平面図である。

[図33]図32に示す裏面入射型ホトダイオードアレイ3のXX-XX線に沿った断面図である。

[図34]図33の裏面入射型ホトダイオードアレイ3の変形例を示す断面図である。

[図35]本発明による裏面入射型光検出素子の第4実施形態を示す断面図である。

[図36]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図37]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図38]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図39]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図40]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図41]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図42]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図43]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図44]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図45]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図46]図35の裏面入射型ホトダイオード4を製造する方法を示す工程図である。

[図47]本発明による裏面入射型光検出素子の第5実施形態を示す断面図である。

[図48]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図49]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図50]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図51]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図52]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図53]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図54]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図55]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図56]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図57]図47の裏面入射型ホトダイオード5を製造する方法を示す工程図である。

[図58]本発明による裏面入射型光検出素子の第6実施形態を示す断面図である。

[図59]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図60]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図61]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図62]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図63]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図64]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図65]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図66]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図67]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図68]図58の裏面入射型ホトダイオード6を製造する方法を示す工程図である。

[図69]従来の裏面入射型ホトダイオードを示す断面図である。

### 符号の説明

- [0029] 1, 1a, 1b, 1c, 2, 4, 5, 6…裏面入射型ホトダイオード、3, 3a…裏面入射型ホトダイオードアレイ、10, 20, 50…N型半導体基板、11, 51…P<sup>+</sup>型不純物半導体領域、12, 52…凹部、13, 53…窓板、13a…切り欠き部、13b…孔部、14, 54…外縁部、15, 55…樹脂層、16…パイレックスガラス、17a, 17b…金属層、18…仲介金属層、21, 61…N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層、22, 28, 62…N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域、23, 24, 63, 64…絶縁膜、25, 65…アノード電極、26, 66…カソード電極、31, 71…パッシベーション膜、32, 72…支持膜、33a, 33b, 73a, 73b…充填電極、34a, 34b, 74a, 74b…UBM、35a, 35b, 75a, 75b…バンプ、S1…上面、S2…裏面、S3…凹部底面、S4…N型半導体基板20の側面。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0030] 以下、図面とともに本発明による裏面入射型光検出素子及びその製造方法の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。



- [0031] 図1は、本発明による裏面入射型光検出素子の第1実施形態を示す断面図である。裏面入射型ホトダイオード1は、裏面側から被検出光を入射し、被検出光の入射によりキャリアを生成し、生成したキャリアを検出信号として表面側から出力するものである。裏面入射型ホトダイオード1は、N型半導体基板10、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11、凹部12、及び窓板13を備えている。N型半導体基板10としては、例えば、リン等のN型不純物が添加されたシリコン基板を用いることができる。N型半導体基板10の不純物濃度は、例えば $10^{12} \sim 10^{15} / \text{cm}^3$ である。また、N型半導体基板10の厚さt1は、例えば200～500  $\mu\text{m}$ である。
- [0032] N型半導体基板10の上面(第1面)S1側における表層の一部には、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11が形成されている。P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11は、ボロン等のP型不純物が添加されており、N型半導体基板10とpn接合を構成している。P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11の不純物濃度は、例えば $10^{15} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ である。また、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11の深さは、例えば0.1～20  $\mu\text{m}$ である。
- [0033] N型半導体基板10の裏面(第2面)S2におけるP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11に対向する領域には、凹部12が形成されている。凹部12は、被検出光の入射部となる。凹部12は、裏面S2から上面S1に向かって幅が次第に狭くなる形状をしている。具体的には、凹部12の形状は、例えば裏面S2から上面S1に向かって幅が次第に狭くなる四角錐状又はテーパ状とすることができる。凹部12の深さは、例えば2～400  $\mu\text{m}$ である。また、凹部12が形成されることにより、N型半導体基板10のうち凹部底面S3及びP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11で挟まれた領域は、裏面S2側からの被検出光の入射により発生したキャリアが上面S1側表層に設けられたP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11付近まで達し易くなるように、他の領域よりも薄板化されている。また、この薄板化された領域の厚さは、例えば10～200  $\mu\text{m}$ である。
- [0034] N型半導体基板10の裏面S2上には、窓板13が設けられている。窓板13は、凹部12の外縁部14に接合されている。この接合は、窓板13と外縁部14との間に設けられた樹脂層15を介して行われている。また、窓板13は、平板状をしており、被検出光の波長に対して十分な透過率をもつ材料からなる。この窓板13は、凹部12を覆っており、N型半導体基板10の裏面S2を封止している。窓板13の材料としては、例え

ば、ガラス又は光学結晶を用いることができる。窓板13の材料の具体例としては、石英、サファイヤ、コバルガラス等が挙げられる。また、窓板13の厚さは、例えば0.2 mm〜1mmである。また、窓板13には、AR (Anti Reflection) コーティングが施されていてもよい。なお、外縁部14とは、N型半導体基板10のうち凹部12を側方から包囲している部分を指す。また、樹脂層15の樹脂としては、例えば、エポキシ系、シリコン系、アクリル系若しくはポリイミド系のもの、又はこれらの複合素材からなるものを用いることができる。

[0035] また、裏面入射型ホトダイオード1は、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22、絶縁膜23、24、アノード電極25、及びカソード電極26を備えている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21は、N型半導体基板10の裏面S2側の表層全体に形成されている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21は、N型不純物がN型半導体基板10よりも高濃度に添加されている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21の不純物濃度は、例えば $10^{15} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ である。また、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21の深さは、例えば0.1〜20  $\mu\text{m}$ である。

[0036] N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22は、N型半導体基板10の上面S1側における表層に、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11と所定の距離を隔てて形成されている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22は、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21と同様にN型不純物が高濃度に添加されており、後述するカソード電極26とのコンタクト層である。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22の不純物濃度は、例えば $10^{15} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ である。また、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22の深さは、例えば0.1〜30  $\mu\text{m}$ である。

[0037] 絶縁膜23及び絶縁膜24は、それぞれN型半導体基板10の上面S1及び裏面S2上に形成されている。絶縁膜23、24は、例えばSiO<sub>2</sub>からなる。絶縁膜23の厚さは、例えば0.1〜2  $\mu\text{m}$ である。一方、絶縁膜24の厚さは、例えば0.05〜1  $\mu\text{m}$ である。また、絶縁膜23には、開口(コンタクトホール)23a、23bが形成されており、一方の開口23aはP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11の部分に、他方の開口23bはN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22の部分に設けられている。

[0038] 絶縁膜23上の開口23a、23bを含む領域には、それぞれアノード電極25及びカソード電極26が形成されている。これらの電極25、26の厚さは、例えば1  $\mu\text{m}$ である。

また、これらの電極25、26は、それぞれ開口23a、23bを充填するように設けられている。これにより、開口23aを通してアノード電極25がP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11と、開口23bを通してカソード電極26がN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22とそれぞれ直接に接続されている。アノード電極25及びカソード電極26としては、例えばAlが用いられる。

[0039] さらに、裏面入射型ホトダイオード1は、パッシベーション膜31、支持膜32、充填電極33a、33b、UBM(Under Bump Metal)34a、34b、及びバンプ35a、35bを備えている。パッシベーション膜31は、N型半導体基板10の上面S1上において、絶縁膜23、アノード電極25及びカソード電極26を覆うように設けられている。また、パッシベーション膜31のうちアノード電極25及びカソード電極26上に設けられた部分に、後述する充填電極33a、33bが充填される貫通孔31aが形成されている。パッシベーション膜31は、例えばSiNからなり、N型半導体基板10の上面S1を保護するものである。パッシベーション膜31は、例えばプラズマCVD法により形成することができる。また、パッシベーション膜31の厚さは、例えば1  $\mu$ mである。

[0040] パッシベーション膜31上には、支持膜32が形成されている。支持膜32は、N型半導体基板10を支持するものである。また、支持膜32のうちパッシベーション膜31の貫通孔31aに対応する部分に、貫通孔31aと共に充填電極33a、33bが充填される貫通孔32aが形成されている。支持膜32の材料としては、例えば樹脂、或いはプラズマCVD等により形成可能なSiO<sub>2</sub>等を用いることができる。また、支持膜32の厚さは、例えば2〜100  $\mu$ m、好ましくは50  $\mu$ m程度である。

[0041] 充填電極33a、33bは、貫通孔31a、32aに充填されるとともに、一端がそれぞれアノード電極25及びカソード電極26に接することにより、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11及びN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22と電氣的に接続されている。また、充填電極33a、33bの他端は、ともに支持膜32の表面に露出している。すなわち、充填電極33a、33bは、パッシベーション膜31及び支持膜32を貫通して、それぞれアノード電極25及びカソード電極26から支持膜32表面まで延びている。また、充填電極33a、33bは、略円柱状をしている。これらの充填電極33a、33bは、電極25、26と後述するバンプ35a、35bとを電氣的に接続するためのものである。充填電極33a、33bは、例え

ばCuからなる。また、貫通孔31a, 32aの直径は、例えば10〜200  $\mu\text{m}$ 、好ましくは100  $\mu\text{m}$ 程度である。

[0042] 充填電極33a, 33bの支持膜32表面に露出する部分には、UBM34a, 34bが形成されている。UBM34a, 34bは、例えばNi及びAuの積層膜からなる。また、UBM34a, 34bの厚さは、例えば0.1〜10  $\mu\text{m}$ である。

[0043] UBM34a, 34bの充填電極33a, 33bと反対側の面上には、バンプ35a, 35bが形成されている。したがって、バンプ35a, 35bは、それぞれアノード電極25及びカソード電極26と電氣的に接続されている。バンプ35a, 35bは、UBM34a, 34bとの接触面を除いては略球状をしている。バンプ35a, 35bとしては、例えば半田、金、Ni-Au、Cu、又は金属フィラーを含む樹脂等を用いることができる。

[0044] 図2に、上記構成の裏面入射型ホットダイオード1の斜視図を示す。この図からわかるように、裏面入射型ホットダイオード1は、UBM34a, 34b及びバンプ35a, 35bを除く全体形状が略直方体となるように、ダイシングされたものである。なお、図2においては、N型半導体基板10の側面に露出するN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22の図示を省略している。

[0045] 裏面入射型ホットダイオード1の動作について説明する。ここでは、裏面入射型ホットダイオード1に逆バイアス電圧が印加されており、N型半導体基板10には、薄板化された領域を中心に空乏層が生じているものとする。窓板13を透過して、凹部12からN型半導体基板10に入射した被検出光は、主に薄板化された領域で吸収され、この領域でキャリア(正孔及び電子)が発生する。発生した正孔及び電子は、逆バイアス電界に従って、それぞれP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11及びN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22へと移動する。P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11及びN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22に達した正孔及び電子は、充填電極33a, 33b及びUBM34a, 34bを通してバンプ35a, 35bへと移動し、バンプ35a, 35bから検出信号として出力される。

[0046] 裏面入射型ホットダイオード1の効果について説明する。裏面入射型ホットダイオード1においては、窓板13がN型半導体基板10の外縁部14に接合されている。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホットダイオード1を得ることができる。それゆえ、パッケージが十分に小さい裏

面入射型ホトダイオード1が実現されている。また、セラミックパッケージ等が不要である分だけ、裏面入射型ホトダイオード1の製造コストを低減することができる。さらに、窓板13は、N型半導体基板10の裏面S2を封止することにより、裏面入射型ホトダイオード1の信頼性を向上させている。以上より、安価で信頼性が高く且つ小型な裏面入射型ホトダイオード1が実現されている。

[0047] さらに、裏面入射型ホトダイオード1においては、窓板13の表面が被検出光の入射面となる。窓板13は樹脂に比して表面の平坦化が容易であるので、入射面における被検出光の散乱が抑制される。これにより、高感度な光検出が可能な裏面入射型ホトダイオード1が実現されている。

[0048] また、窓板13が設けられていることは、裏面入射型ホトダイオード1の機械的強度を向上させている。

[0049] また、N型半導体基板10の裏面S2において被検出光の入射部は凹部12となっている。したがって、凹部12の底面S3に対して突出した構造をもつ外縁部14に接合された窓板13は、N型半導体基板10に対する被検出光の入射面となる底面S3と接触しない。このため、窓板13との接触により底面S3が損傷を受けることが防止されるために感度低下、並びに暗電流及び雑音の増加を抑制できる。

[0050] 支持膜32が設けられていることにより、裏面入射型ホトダイオード1の機械的強度が向上している。基板の一部が薄板化された裏面入射型ホトダイオードにおいては、一般に、その薄板化された部分が破損しないように取り扱いに注意することが要請される。これに対し、裏面入射型ホトダイオード1は、機械的強度の向上により破損しにくく、それゆえ取り扱いが容易となる。また、裏面入射型ホトダイオード1は、破損しにくいため、ダイシングもし易い。

[0051] 充填電極33a, 33bが設けられていることにより、検出信号を電極25, 26から外部に容易に取り出すことができる。なお、充填電極33a, 33bは、貫通孔31a, 32aの側壁に形成され、アノード電極25及びカソード電極26に電氣的に接続されるものであるもよい。

[0052] N型半導体基板10の裏面S2側の表層全体にN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21が形成されている。裏面S2表層のうち凹部12の底面S3に露出する部分に設けられた

N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21は、アキュームレーション層として機能する。これにより、N型半導体基板10で発生したキャリアをその電界分布により効果的に上面S1側のPN接合部へと導くことができる。このため、より高感度な裏面入射型ホトダイオード1が実現されている。このとき、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21の不純物濃度は、 $10^{15}/\text{cm}^3$ 以上であることが好ましい。この場合、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21は、アキュームレーション層として好適に機能することができる。

[0053] また、N型半導体基板10の外縁部14の裏面S2側における表層に設けられたN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21は、外縁部14に結晶欠陥が生じている場合であっても、結晶欠陥に起因して発生する暗電流やノイズを抑制することができる。このため、裏面入射型ホトダイオード1によれば、高いSN比で検出信号を得ることができる。このときも、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21の不純物濃度は、 $10^{15}/\text{cm}^3$ 以上であることが好ましい。この場合、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21は、結晶欠陥に起因して発生する暗電流やノイズを十分に抑制することができる。

[0054] 図3〜図17を参照しつつ、図1に示す裏面入射型ホトダイオード1の製造方法の一例を説明する。まず、上面S1及び裏面S2が(100)面であるN型シリコンウエハからなるN型半導体基板10を準備する。このN型半導体基板10に熱酸化を施すことにより、N型半導体基板10の上面S1にSiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜を形成する。また、絶縁膜の所定部分に開口を形成し、開口からN型半導体基板10にリンをドーピングすることによりN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22を形成する。その後、N型半導体基板10を酸化させて、上面S1に絶縁膜を形成する。同様に、絶縁膜の所定部分に開口を形成し、開口からN型半導体基板10にボロンをドーピングすることによりP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11を形成する(不純物半導体領域形成工程)。その後、N型半導体基板10を酸化させて、上面S1に絶縁膜23を形成する。次に、N型半導体基板10の裏面S2を研磨する(図3)。

[0055] 次に、N型半導体基板10の裏面S2上に、LP-CVDによりSiN84を堆積させる(図4)。また、凹部12を形成するために、裏面S2上のSiN84に開口85を形成する(図5)。そして、開口85からKOH等によるエッチングを行うことにより凹部12を形成する(凹部形成工程)(図6)。

- [0056] 次に、裏面S2上のSiN84を除去した後、凹部12が形成されたN型半導体基板10の裏面S2に対しイオン注入等を用いてN型不純物をドーピングすることにより、裏面S2側における表層全体にN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21を形成する(図7)。その後、熱酸化を施すことにより裏面S2上に絶縁膜24を形成する(図8)。上面S1の絶縁膜23に電極のためのコンタクトホールを形成し、上面S1にアルミニウムを堆積させてから所定のパターニングを施すことにより、アノード電極25及びカソード電極26を形成する(図9)。
- [0057] 次に、アノード電極25及びカソード電極26が形成されたN型半導体基板10の上面S1上に、SiNからなるパッシベーション膜31をプラズマCVD法により堆積させる。また、パッシベーション膜31におけるバンプ35a, 35bに対応する部分に貫通孔31aを形成する(図10)。さらに、上面S1上に樹脂や無機絶縁膜からなる厚い支持膜32を形成するとともに、パッシベーション膜31の貫通孔31aに対応する部分に貫通孔32aを形成する。このとき、支持膜32としては、樹脂であれば、例えばエポキシ系、アクリル系、又はポリイミド系のものを用いることができ、無機絶縁膜であれば、例えばCVDやSOG (Spin On Glass) 等により形成可能なSiO<sub>2</sub>等を用いることができる。また、支持膜32の貫通孔32aは、例えば樹脂として感光性のものを用いてフォトリソグラフィ法で形成するか、或いはエッチング等によるパターニングで形成することができる(図11)。また、貫通孔31a及び貫通孔32aを充填するように、上面S1上にCuからなる導電性部材33を堆積させる。これは、例えば、貫通孔31a及び貫通孔32aから露出するアノード電極25及びカソード電極26の表面にCuシード層等をスパッタ等により堆積させた後、そのCuシード層上にメッキによりCu等を堆積させることにより行うことができる。なお、アノード電極25及びカソード電極26上には、導電性部材33との接合を良好にするための仲介金属(図示せず)が設けられている(図12)。
- [0058] 次に、導電性部材33の表面を研磨することにより、支持膜32上に堆積された導電性部材33を除去する。これにより、充填電極33a, 33bが形成される(図13)。また、凹部12の外縁部14を接合部としてN型半導体基板の裏面S2上に窓板13を貼り合わせる(窓板接合工程)。この貼り合わせは、窓板13における外縁部14に対応する位置に樹脂層15を印刷等により予め形成しておき、この樹脂層15を介して行う。こ

れにより、N型半導体基板10の裏面S2が封止される。なお、樹脂層15には、Bステージ樹脂又は熱可塑性樹脂を用いることが好ましい。また、樹脂が液相の状態で窓板13と外縁部14との接合を行う場合には、粘性の高い樹脂を用いることが好ましい。さらに、窓板13と外縁部14との接合は、乾燥 $N_2$ 雰囲気中で行うことが好ましい(図14)。また、上面S1上の充填電極33a, 33b上に、それぞれNiとAu等の積層膜からなるUBM34a, 34bを無電解メッキにより形成する。さらに、UBM34a, 34b上に、半田等からなるバンプ35a, 35bを印刷又はボール搭載法等により形成する(図15)。

- [0059] 最後に、個片化された裏面入射型ホットダイオード1を得るために、ダイシングを行う(ダイシング工程)。図16に一点鎖線L1で示すように、N型半導体基板10の裏面S2における各外縁部14の中央で切断する。ダイシングは、N型半導体基板10の上面S1側から裏面S2側へと向かって行われる。具体的には、図16に示すウエハは、支持膜32、パッシベーション膜31、絶縁膜23、N型半導体基板10、絶縁膜24、樹脂層15、及び窓板13の順にダイシングされる。これにより、図16に示すウエハは個片化され、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11と凹部12とからなる対を1対有する裏面入射型ホットダイオード1を得る(図17)。
- [0060] 図3～図17に示す製造方法によれば、窓板接合工程(図14参照)において窓板13をN型半導体基板10の外縁部14に接合している。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホットダイオード1を得ることができる。したがって、本製造方法によれば、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホットダイオード1が実現される。また、裏面入射型ホットダイオード1をセラミックパッケージ等を実装する工程が不要であるため、裏面入射型ホットダイオード1全体の製造工程が簡略化されている。
- [0061] また、窓板接合工程において、窓板13と外縁部14との接合を乾燥 $N_2$ 雰囲気中で行った場合には、凹部12と窓板13とで挟まれる領域が $N_2$ 封止されることになるため、特に信頼性の高い封止が可能となる。
- [0062] 図18は、図16に示すダイシング工程の変形例を説明するための図である。図16のダイシング工程においては、ダイシングを複数の段階に分けて行ってもよい。例えば



、第1段階として、支持膜32から窓板13の一部までのダイシングを行う。第1段階が終了した直後におけるウエハの状態を図18に示している。ダイシングされた部分に切込みCが形成されている。そして、窓板13の残りの部分のダイシングは第2段階として行う。第2段階のダイシングにおいては、第1段階よりも幅の薄いブレードを用いた場合を示している。

[0063] このように、ダイシングを複数の段階に分けて行うことにより、N型半導体基板10と窓板13とを別々の段階に分けてダイシングすることができる。これにより、硬度が異なるN型半導体基板10及び窓板13のそれぞれに適したブレードを用いてダイシングを行うことが可能となる。つまり、N型半導体基板10と窓板13とを、それぞれの硬度に適した異なる材質のブレードでダイシングすることが可能となる。このため、ダイシングの際に、N型半導体基板10と窓板13との界面においてチップング（クラック）が発生するのを防ぐことができる。なお、N型半導体基板10と窓板13とを別々の段階に分けてダイシングするという観点からは、第1段階のダイシングを終了する位置（換言すれば第2段階のダイシングを開始する位置）は、N型半導体基板10及び窓板13の界面近傍であることが好ましい。

[0064] 図19～図22に、図18で説明したダイシング工程により得られる裏面入射型ホトダイオードの構造例を示す。第1段階と第2段階とで異なる厚さのブレードを用いてダイシングを行ったことに起因して、図19に示すように、窓板13の側面には、第1段階のダイシングを終了した位置に対応して、N型半導体基板10との界面近傍における所定位置に段差部STが形成されている。また、第1段階のダイシングをN型半導体基板10の途中で終了した場合には、図20に示すように、N型半導体基板10の側面における窓板13との界面近傍に段差部STが形成される。図19及び図20においては、この段差部STを境にして、窓板13側がN型半導体基板10側に対して高くなっている。

[0065] なお、ダイシングは、N型半導体基板10の裏面S2側から上面S1側へと向かって行ってもよい。窓板13からN型半導体基板10の一部までのダイシングを第1段階として行い、N型半導体基板10の残りの部分から支持膜32までのダイシングを第2段階として行った場合、図21に示すように、N型半導体基板10の側面に段差部STが形成

される。一方、第1段階のダイシングを窓板13の途中で終了した場合には、図22に示すように、窓板13の側面に段差部STが形成される。図21及び図22においては、段差部STを境にして、N型半導体基板10側が窓板13側に対して高くなっている。

[0066] 図23は、図1の裏面入射型ホトダイオード1の第1変形例を示す断面図である。裏面入射型ホトダイオード1aは、 $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21の形状が図1の裏面入射型ホトダイオード1と相違している。裏面入射型ホトダイオード1aのその他の構成については、裏面入射型ホトダイオード1と同様である。すなわち、図1の裏面入射型ホトダイオード1において $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21が、N型半導体基板10の裏面S2側の表層全体に略一様の厚さで形成されているのに対し、裏面入射型ホトダイオード1aにおいて $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21は、外縁部14の裏面S2側における表層に設けられた部分が他の部分よりも厚く形成されている。

[0067] 裏面入射型ホトダイオード1aにおいても、凹部12の底面S3部分に設けられた $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21は、アキュムレーション層として機能することができる。また、外縁部14の裏面S2側における表層に設けられた $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21は、外縁部14に結晶欠陥が生じている場合であっても、結晶欠陥に起因して発生する暗電流やノイズを抑制することができる。

[0068] 図24は、図1の裏面入射型ホトダイオード1の第2変形例を示す断面図である。裏面入射型ホトダイオード1bは、 $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21の形状が図1の裏面入射型ホトダイオード1と相違している。裏面入射型ホトダイオード1aのその他の構成については、裏面入射型ホトダイオード1と同様である。すなわち、図1の裏面入射型ホトダイオード1において $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21が、N型半導体基板10の裏面S2側の表層全体に形成されているのに対し、裏面入射型ホトダイオード1bにおいて $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21は、N型半導体基板10の裏面S2側における表層のうち凹部12の部分にのみ形成されている。この裏面入射型ホトダイオード1bにおいても、凹部12の底面S3部分に設けられた $N^+$ 型高濃度不純物半導体層21がアキュムレーション層として機能する。

[0069] 図25は、図1の裏面入射型ホトダイオード1の第3変形例を示す斜視図である。裏面入射型ホトダイオード1cは、窓板13に切り欠き部13aが形成されている点で、図1

の裏面入射型ホトダイオード1と相違する。裏面入射型ホトダイオード1cのその他の構成については、裏面入射型ホトダイオード1と同様である。図25からわかるように、窓板13は厚さ方向に垂直な面での断面が四角形であり、その四角形の4角にそれぞれ切り欠き部13aが形成されている。切り欠き部13aの形状は、上記断面において、四角形の角を中心とする中心角 $90^\circ$ の扇形である。なお、なお、切り欠き部13aは、上記断面における形状が扇形のものに限らず、角状のものであってもよい。

[0070] このように、裏面入射型ホトダイオード1cにおいては、窓板13の角、すなわちダイシング時に2本のダイシングラインが交わる位置に切り欠き部13aが形成されているため、ダイシング時におけるチップングの発生が抑制されている。

[0071] 図26を用いて、窓板13とダイシングラインとの位置関係について説明する。図26は、図1の裏面入射型ホトダイオード1について、ダイシング前のウエハ(例えば、図16に示す状態のウエハ)を窓板13側から見たときの様子を示す平面図である。この平面図においては、凹部12が形成されている部分を破線L2で示している。凹部12は、ダイシング前のウエハにおいて格子状に等間隔で配列されていることがわかる。また、ダイシング時のダイシングラインを一点鎖線L3で示している。ダイシングラインは図中の上下方向及び左右方向にそれぞれ設定されており、互いに隣り合う凹部12間の真中をダイシングラインが通っている。ダイシングラインで囲まれている各々の領域が、ダイシング後の裏面入射型ホトダイオード1に対応する。図26からわかるように、ダイシング後の裏面入射型ホトダイオード1における窓板13の角は、2本のダイシングラインが交わる位置Pに当たる。N型半導体基板10における位置Pに対応する位置、すなわち裏面S2の4角は、ダイシング時に応力を集中的に受けるため、チップングが生じる可能性がある。

[0072] これに対して、図25の裏面入射型ホトダイオード1cにおいては、窓板13の角に切り欠き部13aを形成することにより、ダイシングラインが交わる位置Pにおける窓板13のダイシングを避けている。これにより、N型半導体基板10の裏面S2の4角にかかる応力が緩和されるため、裏面入射型ホトダイオード1cにおいては、ダイシング時のチップングの発生が抑制されている。

[0073] 図27は、図25の裏面入射型ホトダイオード1cについて、ダイシング前のウエハを

窓板13側から見たときの様子を示す平面図である。この平面図に示すように、ダイシングラインが交わる位置Pには、円柱状の孔部13bが形成されている。この孔部13bは、窓板13に形成されているもので、窓板13を貫通している。切り欠き部13aは、この孔部13bに由来している。すなわち、孔部13bは、ダイシングにより4等分されて、裏面入射型ホトダイオード1cにおける切り欠き部13aとなる。なお、裏面入射型ホトダイオード1cの製造工程においては、所定位置に予め孔部13bが形成された窓板13を、ダイシングラインが交わる位置Pと孔部13bとが一致するようにN型半導体基板10の裏面S2に貼り合わせればよい。なお、孔部13bは円柱状のものに限らず、角柱状のもの等であってもよい。

[0074] 図28は、本発明による裏面入射型光検出素子の第2実施形態を示す断面図である。裏面入射型ホトダイオード2は、N型半導体基板20、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11、凹部12、及び窓板13を備えている。

[0075] N型半導体基板20の上面S1側における表層の一部には、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11が形成されている。N型半導体基板20の裏面S2におけるP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11に対向する領域には、凹部12が形成されている。また、凹部12の外縁部14には、樹脂層15を介して窓板13が接合されている。

[0076] また、裏面入射型ホトダイオード2は、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28、絶縁膜23、24、アノード電極25、及びカソード電極26を備えている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28は、N型半導体基板20の側面S4全体に露出するようにして形成されている。また、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28は、N型半導体基板20の裏面S2全体にも達している。したがって、N型半導体基板20のうち、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11及びN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28の何れも形成されていない部分20aが、N型半導体基板20の側面S4及び裏面S2側からN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28によって完全に囲まれている。

[0077] 図29～図31を参照しつつ、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28を形成する方法の一例を示す。まず、N型半導体基板20を準備する。N型半導体基板20においては、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層41が、上面S1側の一部分を残して裏面S2から拡がっている。残された上面S1側の一部分が、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層41よりも不純

物濃度が低いN型不純物半導体層42である(図29)。次に、上面S1側からN型不純物を高濃度に拡散させることにより、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域43を形成する(図30)。そして、N型不純物を更に深く拡散させることにより、このN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域43がN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層41まで達するようにする(図31)。以上より、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層41とN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域43とからなるN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28が形成される。なお、図31には、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11及び凹部12が形成される領域をそれぞれ破線L4、L5によって示している。この方法によれば、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28の製造工程が簡略化され、ひいては裏面入射型ホトダイオード2全体の製造工程が簡略化される。

[0078] 図28に戻って、N型半導体基板20の上面S1及び裏面S2には、それぞれ絶縁膜23及び絶縁膜24が形成されている。また、絶縁膜23には、開口23a、23bが形成されており、一方の開口23aはP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11の部分に、他方の開口23bはN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28の部分に設けられている。

[0079] 絶縁膜23上の開口23a、23bを含む領域には、それぞれアノード電極25及びカソード電極26が形成されている。これらの電極25、26は、それぞれ開口23a、23bを充填するように設けられている。これにより、開口23aを通してアノード電極25がP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11と、開口23bを通してカソード電極26がN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域28とそれぞれ直接に接続されている。

[0080] さらに、裏面入射型ホトダイオード2は、パッシベーション膜31、支持膜32、充填電極33a、33b、UBM34a、34b、及びバンプ35a、35bを備えている。パッシベーション膜31は、N型半導体基板20の上面S1上において、絶縁膜23、アノード電極25及びカソード電極26を覆うように設けられている。パッシベーション膜31上には、支持膜32が形成されている。また、充填電極33a、33bは、パッシベーション膜31及び支持膜32を貫通して、それぞれアノード電極25及びカソード電極26から支持膜32表面まで延びている。充填電極33a、33bの支持膜32表面に露出する部分には、UBM34a、34bが形成されている。UBM34a、34bの充填電極33a、33bと反対側の面上には、バンプ35a、35bが形成されている。

[0081] 裏面入射型ホトダイオード2の効果について説明する。裏面入射型ホトダイオード2

においては、窓板13がN型半導体基板20の外縁部14に接合されている。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホトダイオード2を得ることができる。それゆえ、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホトダイオード2が実現されている。

[0082] さらに、裏面入射型ホトダイオード2においては、窓板13の表面が被検出光の入射面となる。窓板13は樹脂に比して表面の平坦化が容易であるので、入射面における被検出光の散乱が抑制される。これにより、高感度な光検出が可能な裏面入射型ホトダイオード2が実現されている。

[0083] また、裏面入射型ホトダイオード2においては、 $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域28がN型半導体基板20の側面S4全体に露出するようにして形成されている。これにより、N型半導体基板20の側面S4付近で発生した暗電流やノイズを $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域28により抑制することができる。側面S4は、ダイシングラインに当たるため、ダイシング時に結晶欠陥が生じている可能性があるが、かかる結晶欠陥に起因して発生する暗電流やノイズも $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域28によって抑制される。このため、裏面入射型ホトダイオード2によれば、より高いSN比で検出信号を得ることができる。

[0084] また、N型半導体基板20の一部分20aが、N型半導体基板20の側面S4及び裏面S2側から $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域28によって完全に囲まれている。これにより、囲まれた部分20aをI層とするPIN構造が実現されている。このため、裏面入射型ホトダイオード2は、このようなPIN構造により、空乏層を厚くして光の吸収する長さを増やすことによる感度増加と、空乏層が厚いことによる電気二重層の間隔が大きくなることにより容量が低下して高速応答が可能となる。

[0085] 図32は、本発明による裏面入射型光検出素子の第3実施形態を示す平面図である。裏面入射型ホトダイオードアレイ3は、縦横にそれぞれ8列、全部で64個の裏面入射型ホトダイオードが格子状に配列されて成っている。これらのホトダイオードの配列ピッチは、例えば1mmとされる。図32は、裏面入射型ホトダイオードアレイ3を裏面側から見たときの様子を示している。各ホトダイオードにおいては、図1の裏面入射型ホトダイオード1と同様に、裏面が窓板で覆われている。なお、図32には、凹部が

形成されている部分を破線L6で示している。

- [0086] 図33は、図32に示す裏面入射型ホトダイオードアレイ3のXX-XX線に沿った断面図である。この断面図においては、図32に示す64個のホトダイオードのうち2個のホトダイオードP1, P2が示されている。図33に示すように、裏面入射型ホトダイオードアレイ3は、N型半導体基板50、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域51、凹部52、及び窓板53を備えている。
- [0087] N型半導体基板50の上面S1側における表層には、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域51が複数形成されている。これらのP<sup>+</sup>型不純物半導体領域51は、ホトダイオードP1, P2に対してそれぞれ設けられている。各P<sup>+</sup>型不純物半導体領域51の面積は、例えば0.75×0.75mm<sup>2</sup>である。N型半導体基板50の裏面S2におけるP<sup>+</sup>型不純物半導体領域51に対向する領域には、凹部52が形成されている。ここでは、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域51が複数設けられていることに伴い、凹部52も複数形成されている。P<sup>+</sup>型不純物半導体領域51及び凹部52は、各ホトダイオードP1, P2に一对ずつ設けられている。また、凹部52の外縁部54には、樹脂層55を介して窓板53が接合されている。
- [0088] また、裏面入射型ホトダイオードアレイ3は、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層61、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域62、絶縁膜63, 64、アノード電極65、及びカソード電極66を備えている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層61は、N型半導体基板50の裏面S2側の表層全体に形成されている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域62は、N型半導体基板50の上面S1側における表層に形成されている。このN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域62は、各ホトダイオードを構成するP<sup>+</sup>型不純物半導体領域51を取り囲むように設けることが望ましい。
- [0089] N型半導体基板50の上面S1及び裏面S2上には、それぞれ絶縁膜63及び絶縁膜64が形成されている。絶縁膜63には、開口63a, 63bが形成されており、一方の開口63aはP<sup>+</sup>型不純物半導体領域51の部分に、他方の開口63bはN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域62の部分に設けられている。
- [0090] 絶縁膜63上の開口63a, 63bを含む領域には、それぞれアノード電極65及びカソード電極66が形成されている。アノード電極65及びカソード電極66は、各ホトダイオードP1, P2に1組ずつ設けられている。また、これらの電極65, 66は、それぞれ開

口63a, 63bを充填するように設けられている。これにより、開口63aを通してアノード電極65がP<sup>+</sup>型不純物半導体領域51と、開口63bを通してカソード電極66がN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域62とそれぞれ直接に接続されている。

- [0091] さらに、裏面入射型ホトダイオードアレイ3は、パッシベーション膜71、支持膜72、充填電極73a, 73b、UBM74a, 74b、及びバンプ75a, 75bを備えている。パッシベーション膜71は、N型半導体基板50の上面S1上において、絶縁膜63、アノード電極65及びカソード電極66を覆うように設けられている。パッシベーション膜71上には、支持膜72が形成されている。また、充填電極73a, 73bは、パッシベーション膜71及び支持膜72を貫通して、それぞれアノード電極65及びカソード電極66から支持膜72表面まで延びている。充填電極73a, 73bの支持膜72表面に露出する部分には、UBM74a, 74bが形成されている。UBM74a, 74bの充填電極73a, 73bと反対側の面上には、バンプ75a, 75bが形成されている。
- [0092] 裏面入射型ホトダイオードアレイ3の効果について説明する。裏面入射型ホトダイオードアレイ3においては、窓板53がN型半導体基板50の外縁部54に接合されている。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、アレイ周辺部に余分な部分のないアレイサイズぴったりの裏面入射型ホトダイオードアレイ3を得ることができる。それゆえ、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホトダイオードアレイ3が実現されている。
- [0093] さらに、裏面入射型ホトダイオードアレイ3においては、窓板53の表面が被検出光の入射面となる。窓板53は樹脂に比して表面の平坦化が容易であるので、入射面における被検出光の散乱が抑制される。これにより、高感度な光検出が可能な裏面入射型ホトダイオードアレイ3が実現されている。
- [0094] また、N型半導体基板50の上面S1側の表層における複数の領域にP<sup>+</sup>型不純物半導体領域51が形成されるとともに、裏面S2におけるそれぞれのP<sup>+</sup>型不純物半導体領域51に対向する領域に凹部52が形成されることにより、複数のホトダイオードが構成されている。このため、裏面入射型ホトダイオードアレイ3は、各ホトダイオードが1画素に対応するイメージセンサ等に好適に用いることができる。
- [0095] 図34は、図33の裏面入射型ホトダイオードアレイ3の変形例を示す断面図である。



裏面入射型ホトダイオードアレイ3aは、外縁部54の一部にのみ樹脂層55が設けられている点で、図33の裏面入射型ホトダイオードアレイ3と相違する。裏面入射型ホトダイオードアレイ3aのその他の構成については、裏面入射型ホトダイオードアレイ3と同様である。すなわち、図34の断面図においては、両端の外縁部54と窓板53との間にのみ樹脂層55が設けられており、中央の外縁部54と窓板53との間には樹脂層55が設けられていない。これは、図32の平面図において、破線L6で示す64個の凹部を、互いに最近接する4個（縦横2個ずつ）の凹部からなる組に分けて考え、各組の周囲の外縁部54と窓板53との間にのみ樹脂層55を設けたものである。このように、外縁部54の一部にのみ樹脂層55を設けることにより、窓板53と外縁部54とを接合する工程を簡略化することができ、ひいては裏面入射型ホトダイオードアレイ3全体の製造工程を簡略化することができる。

[0096] 図35は、本発明による裏面入射型光検出素子の第4実施形態を示す断面図である。裏面入射型ホトダイオード4は、N型半導体基板10、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11、凹部12、及び窓板13を備えている。N型半導体基板10の上面S1側における表層の一部には、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11が形成されている。N型半導体基板20の裏面S2におけるP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11に対向する領域には、凹部12が形成されている。また、凹部12の外縁部14には、窓板13が接合されている。本実施形態において、窓板13は光透過性部材からなるとともに、窓板13と外縁部14との接合は陽極接合により行われている。窓板13の光透過性部材としては、パイレックス（登録商標）ガラス又はコバールガラス等、アルカリ金属を含むガラスを用いることが好ましい。例えば、コーニング社の#7740等のアルカリ金属を含む硼硅酸ガラスは、窓板13の材料として好適である。このコーニング社の#7740は、熱膨張係数が $3.4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であり、シリコンの熱膨張係数( $3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ )と略一致している。また、窓板13の厚さは、0.5mm以上1mm以下であることが好適である。

[0097] また、裏面入射型ホトダイオード4は、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22、絶縁膜23、24、アノード電極25、及びカソード電極26を備えている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21は、N型半導体基板10の裏面S2側の表層全体に形成されている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22は、N型半導体基板

10の上面S1側における表層に、 $P^+$ 型不純物半導体領域11と所定の距離を隔てて形成されている。絶縁膜23及び絶縁膜24は、それぞれN型半導体基板10の上面S1及び裏面S2上に形成されている。絶縁膜23には、開口23a, 23bが形成されている。本実施形態において、絶縁膜24は、凹部12上にのみ形成されており、窓板13との接合部となる外縁部14上には形成されていない。

[0098] 絶縁膜23上の開口23a, 23bを含む領域には、それぞれアノード電極25及びカソード電極26が形成されている。これらの電極25, 26は、それぞれ開口23a, 23bを充填するように設けられている。これにより、開口23aを通してアノード電極25が $P^+$ 型不純物半導体領域11と、開口23bを通してカソード電極26が $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域28とそれぞれ直接に接続されている。

[0099] さらに、裏面入射型ホトダイオード4は、パッシベーション膜31、支持膜32、充填電極33a, 33b、UBM34a, 34b、及びバンプ35a, 35bを備えている。パッシベーション膜31は、N型半導体基板20の上面S1上において、絶縁膜23、アノード電極25及びカソード電極26を覆うように設けられている。パッシベーション膜31上には、支持膜32が形成されている。また、充填電極33a, 33bは、パッシベーション膜31及び支持膜32を貫通して、それぞれアノード電極25及びカソード電極26から支持膜32表面まで延びている。充填電極33a, 33bの支持膜32表面に露出する部分には、UBM34a, 34bが形成されている。UBM34a, 34bの充填電極33a, 33bと反対側の面上には、バンプ35a, 35bが形成されている。

[0100] 裏面入射型ホトダイオード4の効果について説明する。裏面入射型ホトダイオード4においては、窓板13がN型半導体基板10の外縁部14に接合されている。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホトダイオード4を得ることができる。それゆえ、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホトダイオード4が実現されている。

[0101] さらに、裏面入射型ホトダイオード4においては、窓板13の表面が被検出光の入射面となる。窓板13は樹脂に比して表面の平坦化が容易であるので、入射面における被検出光の散乱が抑制される。これにより、高感度な光検出が可能な裏面入射型ホトダイオード4が実現されている。

- [0102] さらに、ガラスからなる窓板13と外縁部14との接合を陽極接合によって行っている。これにより、窓板13と外縁部14との界面において、両者を強固に接合することができる。また、陽極接合によれば、N型半導体基板10の裏面S2を気密封止（ハーメチックシール）することができるので、裏面入射型ホトダイオード4の信頼性が一層向上する。さらに、乾燥窒素等の乾燥不活性ガス中あるいは真空雰囲気中で陽極接合することで、信頼性が一層向上する。
- [0103] また、裏面入射型ホトダイオード4は、窓板13と外縁部14との接合が陽極接合によって行われているため、被検出光がUV光の場合にも好適に用いることができる。すなわち、窓板13と外縁部14との接合に樹脂を用いて行った場合、UV光の照射により樹脂からガスが発生する（脱ガス反応）可能性がある。その場合、ガスが窓板13や凹部12に付着して固化することにより、被検出光の入射が妨げられ、裏面入射型ホトダイオード4の感度劣化につながるおそれがある。これに対して、裏面入射型ホトダイオード4においては、陽極接合により窓板13と外縁部14とが接合されているため、被検出光がUV光の場合であっても、脱ガス反応による感度劣化のおそれがない。
- [0104] また、窓板13の光透過性部材として、パイレックスガラス又はコバールガラス等のアルカリ金属を含むガラスを用いた場合、窓板13と外縁部14との接合強度が一層向上する。
- [0105] 図36～図46を参照しつつ、図35に示す裏面入射型ホトダイオード4の製造方法の一例を説明する。N型半導体基板10を準備し、このN型半導体基板10にN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11及び凹部12を形成するとともに、上面S1及び裏面S2上にそれぞれ絶縁膜23、24を形成する。ここまでの工程は、図3～図6並びに図7及び図8に示す製造方法と同様である（図36）。本製造方法においては、さらに、外縁部14上の絶縁膜24をエッチングにより除去する（図37）。次に、外縁部14にガラスからなる窓板13を当接させた状態で、窓板13と外縁部14とを陽極接合により接合させる（窓板接合工程）。陽極接合における処理条件は、例えば、大気雰囲気、N<sub>2</sub>雰囲気、又は真空雰囲気、温度150～500℃、電圧200～1000V程度である（図38）。
- [0106] 次に、絶縁膜23にコンタクトホールを形成して、上面S1にアルミニウムを堆積させ

てから所定のパターニングを施すことにより、アノード電極25及びカソード電極26を形成する(図39)。アノード電極25及びカソード電極26が形成されたN型半導体基板10の上面S1上に、パッシベーション膜31をプラズマCVD法等により堆積させる。また、パッシベーション膜31におけるバンプ35a, 35bに対応する部分に貫通孔31aを形成する(図40)。さらに、上面S1上に支持膜32を形成するとともに、パッシベーション膜31の貫通孔31aに対応する部分に貫通孔32aを形成する。(図41)。

[0107] 次に、貫通孔31a及び貫通孔32aを充填するように、上面S1上に導電性部材33を堆積させる。アノード電極25及びカソード電極26上には、導電性部材33との接合を良好にするための仲介金属(図示せず)が設けられている(図42)。さらに、導電性部材33の表面を研磨することにより、支持膜32上に堆積された導電性部材33を除去する。これにより、充填電極33a, 33bが形成される(図43)。なお、図示しないが、充填する代わりに、貫通孔31a及び貫通孔32aの側壁を覆うように薄膜電極(膜厚は、例えば0.5〜10 $\mu$ m程度、好ましくは1 $\mu$ m程度)を形成してもよい。その場合には、研磨工程を省略することができる。また、上面S1上の充填電極33a, 33b上に、それぞれUBM34a, 34bを無電解メッキにより形成する。さらに、UBM34a, 34b上に、バンプ35a, 35bを印刷又はボール搭載法、転写法等により形成する(図44)。

[0108] 最後に、個片化された裏面入射型ホトダイオード4を得るために、図45に一点鎖線L1で示す線に沿ってダイシングを行う(ダイシング工程)。これにより、図45に示すウエハは個片化され、裏面入射型ホトダイオード4を得る(図46)。

[0109] 図36〜図46に示す製造方法によれば、窓板接合工程(図38参照)において窓板13をN型半導体基板10の外縁部14に接合している。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホトダイオード4を得ることができる。したがって、本製造方法によれば、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホトダイオード4が実現される。また、裏面入射型ホトダイオード4をセラミックパッケージ等を実装する工程が不要であるため、裏面入射型ホトダイオード4全体の製造工程が簡略化されている。

[0110] さらに、窓板13と外縁部14との接合を陽極接合によって行っている。これにより、窓板13と外縁部14との界面において、両者を強固に接合することができる。また、陽極

接合によれば、N型半導体基板20の裏面S2を気密封止することができるので、裏面入射型ホトダイオード4の信頼性が一層向上する。

[0111] また、図37に示す工程において、外縁部14上の絶縁膜24を除去していることにより、陽極接合による窓板13と外縁部14との接合強度が向上している。なお、外縁部14上の絶縁膜24を除去することは必須ではなく、外縁部14上に絶縁膜24が形成されていても、窓板13と外縁部14とを陽極接合により接合することができる。ただし、この場合には、外縁部14上の絶縁膜24の厚さは、薄い(例えば $0.1\mu\text{m}$ 以下)ことが望ましい。

[0112] また、窓板接合工程において、陽極接合を乾燥 $\text{N}_2$ 雰囲気等の乾燥不活性ガス又は真空雰囲気で行った場合、凹部12と窓板13とで挟まれる領域が $\text{N}_2$ 封じ又は真空封じされることになる。したがって、この場合には、裏面入射型ホトダイオード4の信頼性がより一層向上する。

[0113] 図47は、本発明による裏面入射型光検出素子の第5実施形態を示す断面図である。裏面入射型ホトダイオード5は、N型半導体基板10、 $\text{P}^+$ 型不純物半導体領域11、凹部12、及び窓板13を備えている。N型半導体基板10の上面S1側における表層の一部には、 $\text{P}^+$ 型不純物半導体領域11が形成されている。N型半導体基板10の裏面S2における $\text{P}^+$ 型不純物半導体領域11に対向する領域には、凹部12が形成されている。また、凹部12の外縁部14には、窓板13が接合されている。本実施形態において、窓板13は石英からなるとともに、窓板13と外縁部14との接合は陽極接合により行われている。また、窓板13と外縁部14とは、両者の間に設けられたパイレックスガラス16を介して接合されている。パイレックスガラス16は、アルカリ金属を含むガラスであり、窓板13上に形成されている。具体的には、パイレックスガラス16は、窓板13における外縁部14に対応する位置に予め形成されたものである。パイレックスガラス16の厚さは、例えば $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 程度である。なお、窓板13と外縁部14との間のガラスは、パイレックスガラスに限らず、アルカリ金属を含むガラスであってもよい。

[0114] また、裏面入射型ホトダイオード5は、 $\text{N}^+$ 型高濃度不純物半導体層21、 $\text{N}^+$ 型高濃度不純物半導体領域22、絶縁膜23、24、アノード電極25、及びカソード電極26を備えている。 $\text{N}^+$ 型高濃度不純物半導体層21は、N型半導体基板10の裏面S2側の

表層全体に形成されている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22は、N型半導体基板10の上面S1側における表層に、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11と所定の距離を隔てて形成されている。絶縁膜23及び絶縁膜24は、それぞれN型半導体基板10の上面S1及び裏面S2上に形成されている。絶縁膜23には、開口23a、23bが形成されている。絶縁膜23上の開口23a、23bを含む領域には、それぞれアノード電極25及びカソード電極26が形成されている。

[0115] さらに、裏面入射型ホトダイオード5は、パッシベーション膜31、支持膜32、充填電極33a、33b、UBM34a、34b、及びバンプ35a、35bを備えている。パッシベーション膜31は、N型半導体基板10の上面S1上において、絶縁膜23、アノード電極25及びカソード電極26を覆うように設けられている。パッシベーション膜31上には、支持膜32が形成されている。また、充填電極33a、33bは、パッシベーション膜31及び支持膜32を貫通して、それぞれアノード電極25及びカソード電極26から支持膜32表面まで延びている。充填電極33a、33bの支持膜32表面に露出する部分には、UBM34a、34bが形成されている。UBM34a、34bの充填電極33a、33bと反対側の面上には、バンプ35a、35bが形成されている。

[0116] 裏面入射型ホトダイオード5の効果について説明する。裏面入射型ホトダイオード5においては、窓板13がN型半導体基板20の外縁部14に接合されている。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホトダイオード5を得ることができる。それゆえ、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホトダイオード5が実現されている。

[0117] さらに、裏面入射型ホトダイオード5においては、窓板13の表面が被検出光の入射面となる。窓板13は樹脂に比して表面の平坦化が容易であるので、入射面における被検出光の散乱が抑制される。これにより、高感度な光検出が可能な裏面入射型ホトダイオード5が実現されている。

[0118] また、窓板13のガラスとして石英を用いている。石英は、可視光に対する透過率がコバルガラス或いはパイレックス等に比しても特に高いため、裏面入射型ホトダイオード5の感度向上に非常に貢献している。さらに、石英は、UV光に対しても非常に高い透過率をもつため、裏面入射型ホトダイオード5は、被検出光がUV光の場合に

も高感度な光検出が可能である。

- [0119] また、窓板13と外縁部14との間にアルカリ金属を含むガラスが設けられていることは、アルカリ金属を含まない石英からなる窓板13と外縁部14との間における良好な陽極接合を可能にしている。また、陽極接合によれば、N型半導体基板10の裏面S2を気密封止（ハーメチックシール）することができるので、裏面入射型ホトダイオード5の信頼性が一層向上する。さらに、乾燥窒素等の乾燥不活性ガス中あるいは真空雰囲気中で陽極接合することで、信頼性が一層向上する。
- [0120] 図48～図57を参照しつつ、図47に示す裏面入射型ホトダイオード5の製造方法の一例を説明する。N型半導体基板10を準備し、このN型半導体基板10にN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11及び凹部12を形成するとともに、上面S1及び裏面S2上にそれぞれ絶縁膜23、24を形成する。ここまでの工程は、図3～図6並びに図7及び図8に示す製造方法と同様である（図48）。
- [0121] 次に、外縁部14に石英からなる窓板13を当接させた状態で、窓板13と外縁部14とを陽極接合により接合させる（窓板接合工程）。この接合は、窓板13における外縁部14に対応する位置にパイレックスガラス16を蒸着又はスパッタ等により予め形成しておくことにより、このパイレックスガラス16を介して行う。パイレックスガラス16を窓板13における外縁部14に対応する位置にのみ形成するには、例えば、窓板13の一面全体にパイレックスガラス16を形成した後、パターニングすることにより窓板13における外縁部14に対応する位置に形成されたパイレックスガラス16のみ残せばよい（図49）。なお、窓板13と外縁部14を接続するパイレックスガラス16は、蒸着やスパッタ膜の他に予め外縁部14に対応する形状に加工された板状のものを用意し、窓板13と外縁部14の間に介在させてもよい。また、上面S1にアルミニウムを堆積させてから所定のパターニングを施すことにより、アノード電極25及びカソード電極26を形成する（図50）。
- [0122] 次に、アノード電極25及びカソード電極26が形成されたN型半導体基板10の上面S1上に、パッシベーション膜31をプラズマCVD法等により堆積させる。また、パッシベーション膜31におけるバンプ35a、35bに対応する部分に貫通孔31aを形成する（図51）。さらに、上面S1上に支持膜32を形成するとともに、パッシベーション膜3

1の貫通孔31aに対応する部分に貫通孔32aを形成する。(図52)。また、貫通孔31a及び貫通孔32aを充填するように、上面S1上に導電性部材33を堆積させる。アノード電極25及びカソード電極26上には、導電性部材33との接合を良好にするための仲介金属(図示せず)が設けられている(図53)。

- [0123] 次に、導電性部材33の表面を研磨することにより、支持膜32上に堆積された導電性部材33を除去する。これにより、充填電極33a, 33bが形成される(図54)。なお、図示しないが、充填する代わりに、貫通孔31a及び貫通孔32aの側壁を覆うように薄膜電極(膜厚は、例えば0.5〜10  $\mu$ m程度、好ましくは1  $\mu$ m程度)を形成してもよい。その場合には、研磨工程を省略することができる。また、上面S1上の充填電極33a, 33b上に、それぞれUBM34a, 34bを無電解メッキにより形成する。さらに、UBM34a, 34b上に、バンプ35a, 35bを印刷又はボール搭載法により形成する(図55)。
- [0124] 最後に、個片化された裏面入射型ホトダイオード5を得るために、図56に一点鎖線L1で示す線に沿ってダイシングを行う(ダイシング工程)。これにより、図56に示すウエハは個片化され、裏面入射型ホトダイオード5を得る(図57)。
- [0125] 図48〜図57に示す製造方法によれば、窓板接合工程(図49参照)において窓板13をN型半導体基板10の外縁部14に接合している。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホトダイオード5を得ることができる。したがって、本製造方法によれば、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホトダイオード5が実現される。また、裏面入射型ホトダイオード5をセラミックパッケージ等を実装する工程が不要であるため、裏面入射型ホトダイオード5全体の製造工程が簡略化されている。
- [0126] また、窓板13のガラスとして石英を用いている。石英は、可視光に対する透過率がコバルガラス或いはパイレックスに比しても特に高いため、裏面入射型ホトダイオード5の感度向上に非常に貢献している。さらに、石英はUV光の波長に対しても非常に高い透過率をもつため、本製造方法によれば、被検出光がUV光の場合にも高感度な光検出が可能な裏面入射型ホトダイオード5を得ることができる。
- [0127] また、窓板13と外縁部14との接合にアルカリ金属を含むガラスを介して行っていることは、アルカリ金属を含まないような石英からなる窓板13と外縁部14との間におけ



る良好な陽極接合を可能にしている。また、窓板13と外縁部14との接合にアルカリ金属を含むガラスの代わりに金属層を設けることで同様の効果が得られる場合がある。

[0128] 図58は、本発明による裏面入射型光検出素子の第6実施形態を示す断面図である。裏面入射型ホトダイオード6は、N型半導体基板10、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11、凹部12、及び窓板13を備えている。N型半導体基板10の上面S1側における表層の一部には、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11が形成されている。N型半導体基板10の裏面S2におけるP<sup>+</sup>型不純物半導体領域11に対向する領域には、凹部12が形成されている。また、凹部12の外縁部14には、窓板13が接合されている。本実施形態において、窓板13と外縁部14との接合は、金属層17a、17b及び仲介金属層18を介して行われている。すなわち、窓板13と外縁部14との間には、金属層17a、仲介金属層18、及び金属層17bが、外縁部14側から順に設けられている。金属層17a、17bの金属としては、例えばAl、Cu、Au、Ni、Ti、Pt、W、In、若しくはSn等、又はこれらの金属の積層膜或いは合金を用いることができる。また、仲介金属層18の金属としては、例えばSn、SnPb、SnAg、AuSn、Al、In等からなる金属半田を用いることができる。

[0129] また、裏面入射型ホトダイオード6は、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21、N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22、絶縁膜23、24、アノード電極25、及びカソード電極26を備えている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体層21は、N型半導体基板10の裏面S2側の表層全体に形成されている。N<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22は、N型半導体基板10の上面S1側における表層に、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11と所定の距離を隔てて形成されている。絶縁膜23及び絶縁膜24は、それぞれN型半導体基板10の上面S1及び裏面S2上に形成されている。絶縁膜23には、開口23a、23bが形成されている。絶縁膜23上の開口23a、23bを含む領域には、それぞれアノード電極25及びカソード電極26が形成されている。

[0130] さらに、裏面入射型ホトダイオード6は、パッシベーション膜31、支持膜32、充填電極33a、33b、UBM34a、34b、及びバンプ35a、35bを備えている。パッシベーション膜31は、N型半導体基板10の上面S1上において、絶縁膜23、アノード電極25

及びカソード電極26を覆うように設けられている。パッシベーション膜31上には、支持膜32が形成されている。また、充填電極33a, 33bは、パッシベーション膜31及び支持膜32を貫通して、それぞれアノード電極25及びカソード電極26から支持膜32表面まで延びている。充填電極33a, 33bの支持膜32表面に露出する部分には、UBM34a, 34bが形成されている。UBM34a, 34bの充填電極33a, 33bと反対側の面上には、バンプ35a, 35bが形成されている。

[0131] 裏面入射型ホトダイオード6の効果について説明する。裏面入射型ホトダイオード6においては、窓板13がN型半導体基板20の外縁部14に接合されている。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホトダイオード6を得ることができる。それゆえ、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホトダイオード6が実現されている。

[0132] さらに、裏面入射型ホトダイオード6においては、窓板13の表面が被検出光の入射面となる。窓板13は樹脂に比して表面の平坦化が容易であるので、入射面における被検出光の散乱が抑制される。これにより、高感度な光検出が可能な裏面入射型ホトダイオード6が実現されている。

[0133] さらに、窓板13と外縁部14との間に金属層17a, 17b及び仲介金属層18が設けられている。これにより、窓板13と外縁部14とは、金属接合により強固に接合される。また、金属接合によれば、N型半導体基板20の裏面S2を気密封止（ハーメチックシール）することができるので、裏面入射型ホトダイオード6の信頼性が一層向上する。さらに、乾燥窒素等の乾燥不活性ガス中あるいは真空雰囲気中で陽極接合することで、信頼性がより一層向上する。なお、仲介金属層18を設けることなく、金属層17aと金属層17bとが直接接合されていてもよい。

[0134] また、裏面入射型ホトダイオード4は、窓板13と外縁部14との接合が金属接合によって行われているため、被検出光がUV光の場合にも好適に用いることができる。

[0135] 図59〜図68を参照しつつ、図58に示す裏面入射型ホトダイオード6の製造方法の一例を説明する。N型半導体基板10を準備し、このN型半導体基板10にN<sup>+</sup>型高濃度不純物半導体領域22、P<sup>+</sup>型不純物半導体領域11及び凹部12を形成するとともに、上面S1及び裏面S2上にそれぞれ絶縁膜23, 24を形成する。ここまでの工程は

、図3ー図6並びに図7及び図8に示す製造方法と同様である。また、絶縁膜23に電極のためのコンタクトホールを形成する(図59)。次に、上面S1にアルミニウムを堆積させてから所定のパターニングを施すことにより、アノード電極25及びカソード電極26を形成する。さらに、外縁部14上に金属層17aを形成する(図60)。また、アノード電極25及びカソード電極26が形成されたN型半導体基板10の上面S1上に、パッシベーション膜31をプラズマCVD法等により堆積させる。また、パッシベーション膜31におけるバンプ35a, 35bに対応する部分に貫通孔31aを形成する(図61)。なお、パッシベーション膜31を形成した後に金属層17aを形成することとしてもよい。

[0136] 次に、上面S1上に支持膜32を形成するとともに、パッシベーション膜31の貫通孔31aに対応する部分に貫通孔32aを形成する。(図62)。また、貫通孔31a及び貫通孔32aを充填するように、上面S1上に導電性部材33を堆積させる。アノード電極25及びカソード電極26上には、導電性部材33との接合を良好にするための仲介金属(図示せず)が設けられている(図63)。さらに、導電性部材33の表面を研磨することにより、支持膜32上に堆積された導電性部材33を除去する。これにより、充填電極33a, 33bが形成される(図64)。なお、図示しないが、充填する代わりに、貫通孔31a及び貫通孔32aの側壁を覆うように薄膜電極(膜厚は、例えば0.5ー10 $\mu$ m程度、好ましくは1 $\mu$ m程度)を形成してもよい。その場合には、研磨工程を省略することができる。

[0137] 次に、金属層17aが形成された外縁部14に窓板13を当接させた状態で、窓板13と外縁部14とを接合させる(窓板接合工程)。この接合は、窓板13における外縁部14に対応する位置に金属層17bを予め形成しておき、外縁部14の金属層17aと窓板13の金属層17bとを仲介金属層18を介して金属接合させることにより行う。なお、この金属接合は、乾燥N<sub>2</sub>雰囲気等の乾燥不活性ガス雰囲気または真空雰囲気で行うことが好ましい(図65)。さらに、上面S1上の充填電極33a, 33b上に、それぞれUBM34a, 34bを無電解メッキにより形成する。さらに、UBM34a, 34b上に、バンプ35a, 35bを印刷又はボール搭載法等により形成する(図66)。

[0138] 最後に、個片化された裏面入射型ホトダイオード6を得るために、図67に一点鎖線L1で示す線に沿ってダイシングを行う(ダイシング工程)。これにより、図67に示すウ

エハは個片化され、裏面入射型ホットダイオード6を得る(図68)。

- [0139] 図59〜図68に示す製造方法によれば、窓板接合工程(図65参照)において窓板13をN型半導体基板10の外縁部14に接合している。これにより、セラミックパッケージ等の外部パッケージが不要となるため、チップサイズの裏面入射型ホットダイオード6を得ることができる。したがって、本製造方法によれば、パッケージが十分に小さい裏面入射型ホットダイオード6が実現される。また、裏面入射型ホットダイオード6をセラミックパッケージ等を実装する工程が不要であるため、裏面入射型ホットダイオード6全体の製造工程が簡略化されている。
- [0140] さらに、外縁部14及び窓板13にそれぞれ金属層17a, 17bを形成し、これらの金属層17a, 17bを介して窓板13と外縁部14との接合を行っている。これにより、窓板13と外縁部14とは、金属接合により強固に接合される。また、金属接合によれば、N型半導体基板20の裏面S2を気密封止(ハーメチックシール)することができるので、裏面入射型ホットダイオード6の信頼性が一層向上する。
- [0141] 本発明による裏面入射型光検出素子は、上記実施形態に限定されるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、図1の裏面入射型ホットダイオード1において、N型半導体基板10の代わりにP型半導体基板を用いてもよい。この場合には、不純物半導体領域11はN型、高濃度不純物半導体層21及び高濃度不純物半導体領域22はP型の導電型をもつようにする。
- [0142] また、図12において、Cuからなる導電性部材33を堆積させる例を示したが、Cuの代わりにNiを用い、貫通孔31a及び貫通孔32aから露出するアノード電極25及びカソード電極26の表面に直接、Niの無電解メッキを施してもよい。この場合、図13において説明した導電性部材33表面を研磨する工程を省くことができる。
- [0143] また、図15においては、充填電極33a, 33b上にUBM34a, 34b及びバンプ35a, 35bを形成する例を示したが、充填電極33a, 33b自体をバンプとする方法もある。すなわち、貫通孔32aに充填電極33a, 33bが充填された状態の支持膜32(図14参照)表面を、 $O_2$ 等を用いてドライエッチングする。これにより、充填電極33a, 33bの一部が支持膜32表面から突出するので、この突出した部分をバンプとして用いればよい。この場合、UBM34a, 34bも形成する必要がない。あるいは、充填電極33a, 33

bを形成する導電性部材として、導電性樹脂を用いてもよい。これによれば、印刷等により貫通孔への電極充填作業を短時間で完了させることが可能となる。

[0144] また、図25においては、窓板13の4角にそれぞれ切り欠き部13aが形成されている構成を示したが、窓板13の4角のうち少なくとも1つの角に切り欠き部13aが形成されていればよい。この場合も、切り欠き部13aが全く設けられていない場合に比してチップングの発生確率を低減することができる。

[0145] また、図29においては、 $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域と $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域よりも不純物濃度が低いN型不純物半導体領域とが貼り合わされた貼り合わせウエハをN型半導体基板20として用いてもよい。この場合、N型半導体基板20の上面S1側にN型不純物半導体層が、裏面S2側に $N^+$ 型高濃度不純物半導体領域が設けられる。

[0146] また、図38に示す窓板接合工程は、パッシベーション膜31を形成する工程(図40参照)の後に実行してもよい。或いは、この窓板接合工程は、導電性部材33の表面を研磨する工程(図43参照)の後に実行してもよい。この場合、N型半導体基板10における薄型化された部分が支持膜32によって保護された状態で陽極接合を行うことができるため、陽極接合時にN型半導体基板10に物理的ダメージが及ぶのを防ぐことができる。

[0147] また、図49に示す窓板接合工程においては、N型半導体基板10の裏面S2全体に絶縁膜24が形成された状態で陽極接合を行っているが、外縁部14上の絶縁膜24を除去することによりN型半導体基板10の外縁部14を露出させた状態で陽極接合を行ってもよい。この場合、窓板13と外縁部14との接合強度が一層向上する。

[0148] また、図49に示す窓板接合工程は、パッシベーション膜31を形成する工程(図51参照)の後に実行してもよい。或いは、この窓板接合工程は、導電性部材33の表面を研磨する工程(図54参照)の後に実行してもよい。この場合、N型半導体基板10における薄型化された部分が支持膜32によって保護された状態で陽極接合を行うことができるため、陽極接合時にN型半導体基板10に物理的ダメージが及ぶのを防ぐことができる。

[0149] また、図49においては、窓板13における外縁部14に対応する位置にのみパイレッ

クスガラス16を形成したが、薄いパイレックスガラスは光透過性を阻害しないため窓板13の一面全体にパイレックスガラス16を形成してもよい。

- [0150] また、図65に示す窓板接合工程は、外縁部14上に金属層17aを形成する工程（図60参照）の直後に実行してもよい。

#### 産業上の利用可能性

- [0151] 本発明によれば、パッケージを十分に小さくでき、且つ被検出光の散乱を抑制することができる裏面入射型光検出素子及びその製造方法が実現される。

## 請求の範囲

- [1] 第1導電型の半導体基板と、  
前記半導体基板の第1面側における表層に設けられ、第2導電型の不純物半導体領域と、  
前記半導体基板の第2面における前記不純物半導体領域に対向する領域に形成され、被検出光が入射する凹部と、  
前記凹部を覆うように該凹部の外縁部に接合され、前記被検出光を透過させる窓板と、  
を備えることを特徴とする裏面入射型光検出素子。
- [2] 前記半導体基板の前記第1面上に設けられ、前記半導体基板を支持する支持膜を備えることを特徴とする請求項1に記載の裏面入射型光検出素子。
- [3] 前記支持膜を貫通するとともに、一端が前記不純物半導体領域と電氣的に接続された充填電極を備えることを特徴とする請求項2に記載の裏面入射型光検出素子。
- [4] 前記窓板は、光透過性部材からなり、陽極接合により前記外縁部に接合されていることを特徴とする請求項1〜3のいずれか一項に記載の裏面入射型光検出素子。
- [5] 前記光透過性部材は石英であり、前記窓板は、アルカリ金属を含む部材を介して前記外縁部に接合されていることを特徴とする請求項4に記載の裏面入射型光検出素子。
- [6] 前記窓板は、金属層を介して前記外縁部に接合されていることを特徴とする請求項1〜5のいずれか一項に記載の裏面入射型光検出素子。
- [7] 前記半導体基板の側面又は前記窓板の側面に、段差部が形成されていることを特徴とする請求項1〜6のいずれか一項に記載の裏面入射型光検出素子。
- [8] 前記半導体基板の前記外縁部の前記第2面側における表層に、前記第1導電型の不純物が高濃度に添加された高濃度不純物半導体層が設けられていることを特徴とする請求項1〜7のいずれか一項に記載の裏面入射型光検出素子。
- [9] 前記半導体基板の前記第2面側における表層のうち、前記凹部の底面部分に、前記第1導電型の不純物が高濃度に添加された高濃度不純物半導体層が設けられていることを特徴とする請求項1〜8のいずれか一項に記載の裏面入射型光検出素子。

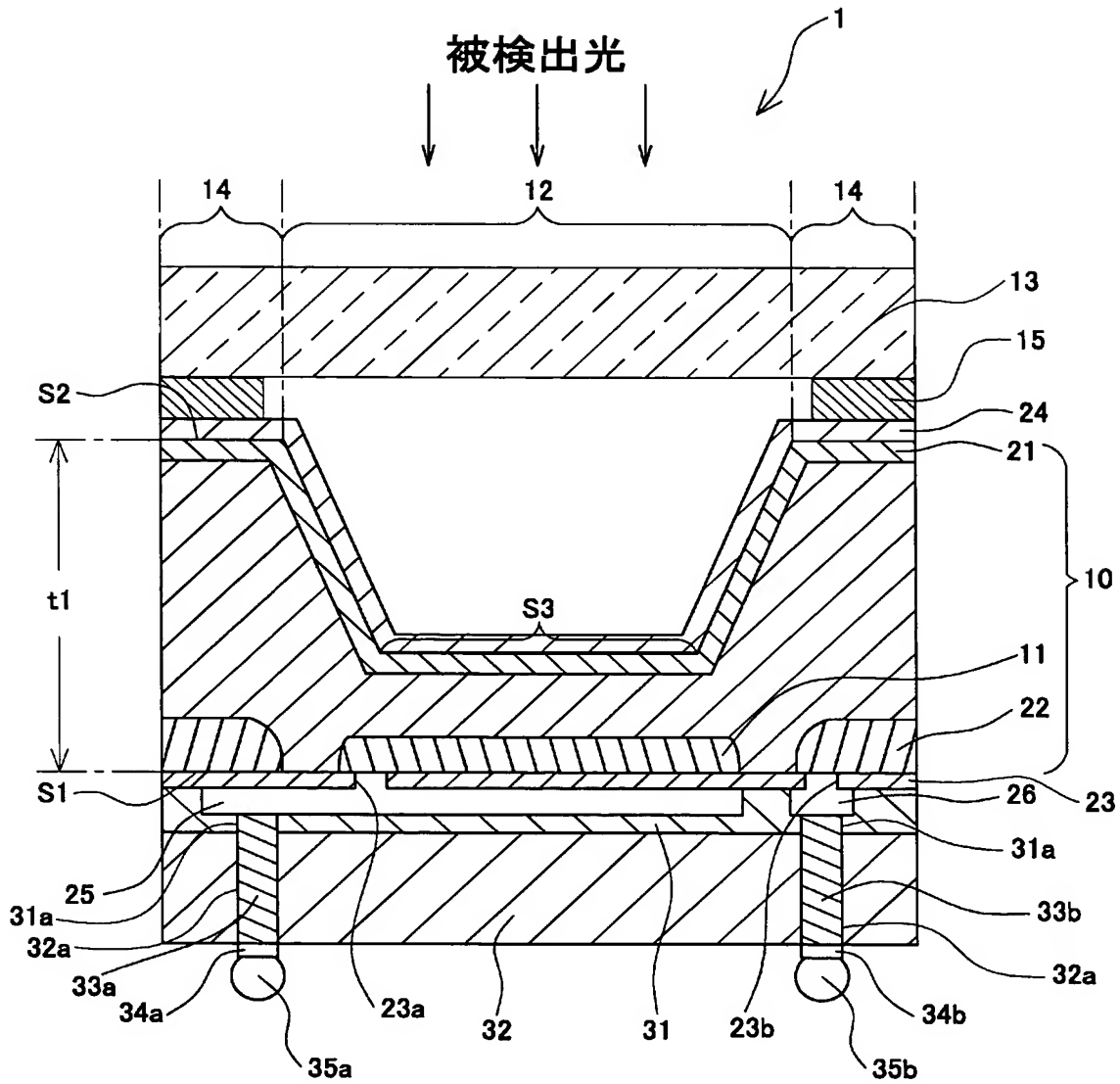
- [10] 前記半導体基板の側面全体に、前記第1導電型の不純物が高濃度に添加された高濃度不純物半導体領域が露出していることを特徴とする請求項1〜9のいずれか一項に記載の裏面入射型光検出素子。
- [11] 前記窓板は、その厚さ方向に垂直な面での断面形状が、少なくとも1つの角が切り欠かれた四角形であることを特徴とする請求項1〜10のいずれか一項に記載の裏面入射型光検出素子。
- [12] 第1導電型の半導体基板の第1面側における表層に、第2導電型の不純物半導体領域を形成する不純物半導体領域形成工程と、  
前記半導体基板の第2面における前記不純物半導体領域に対向する領域に、被検出光が入射する凹部を形成する凹部形成工程と、  
前記被検出光を透過させる窓板を、前記凹部を覆うように該凹部の外縁部に接合する窓板接合工程と、  
を備えることを特徴とする裏面入射型光検出素子の製造方法。
- [13] 前記窓板は光透過性部材からなり、  
前記窓板接合工程においては、前記窓板を、陽極接合により前記外縁部に接合することを特徴とする請求項12に記載の裏面入射型光検出素子の製造方法。
- [14] 前記窓板接合工程においては、前記窓板を、金属層を介して前記外縁部に接合することを特徴とする請求項12に記載の裏面入射型光検出素子の製造方法。
- [15] 前記不純物半導体領域形成工程においては、前記不純物半導体領域を複数形成し、  
前記凹部形成工程においては、複数の前記不純物半導体領域のそれぞれに対して前記凹部を形成し、  
前記窓板接合工程においては、前記窓板を、複数の前記凹部を覆うように前記外縁部に接合し、  
前記不純物半導体領域と該不純物半導体領域に対向する前記凹部とからなる複数の対が一對ずつに分割されるように、前記半導体基板の前記第1面から前記窓板の表面までを複数の段階に分けてダイシングするダイシング工程を備えることを特徴とする請求項12〜14のいずれか一項に記載の裏面入射型光検出素子の製造方法



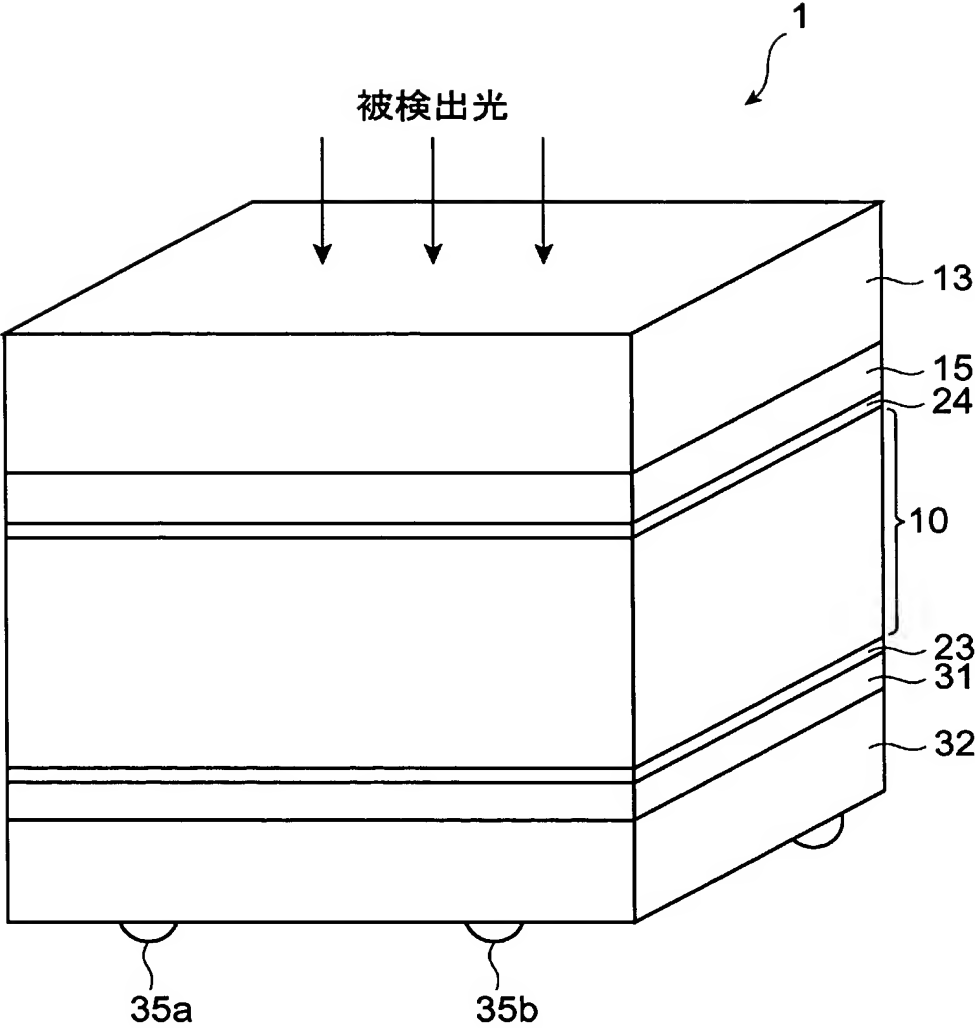
o

[図1]

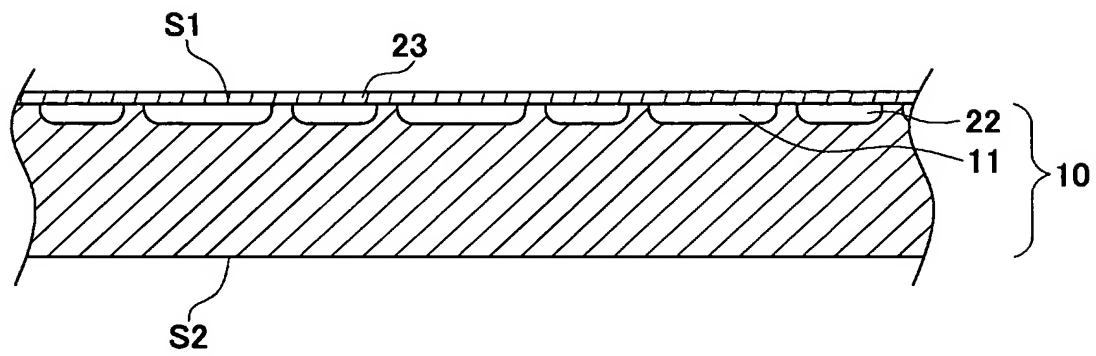
]



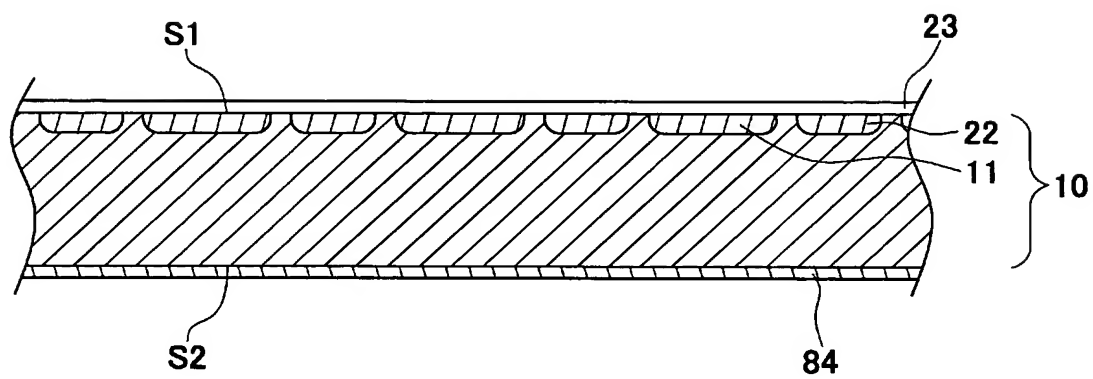
[図2]



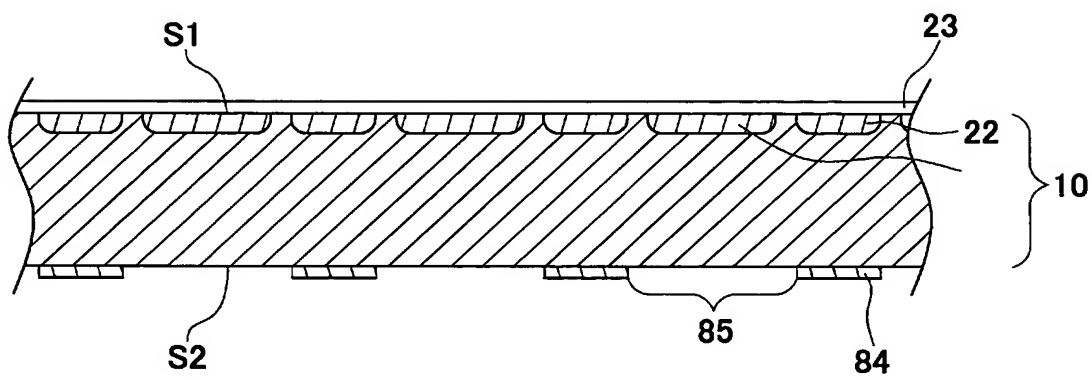
[図3]



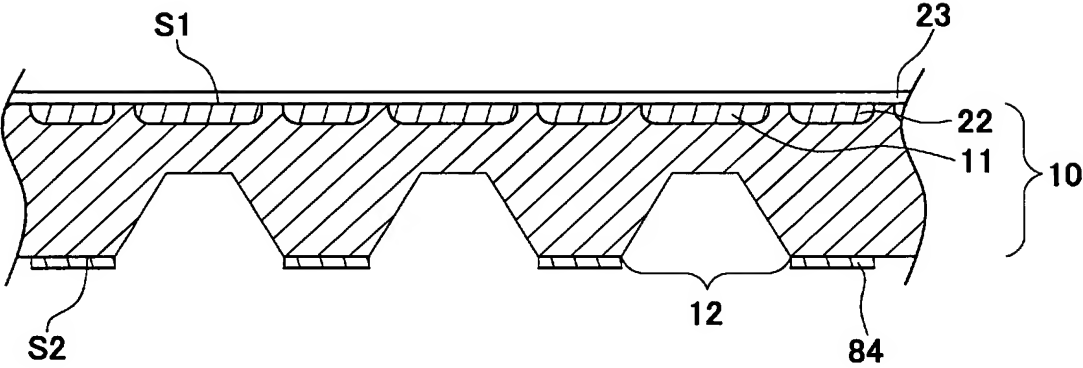
[図4]



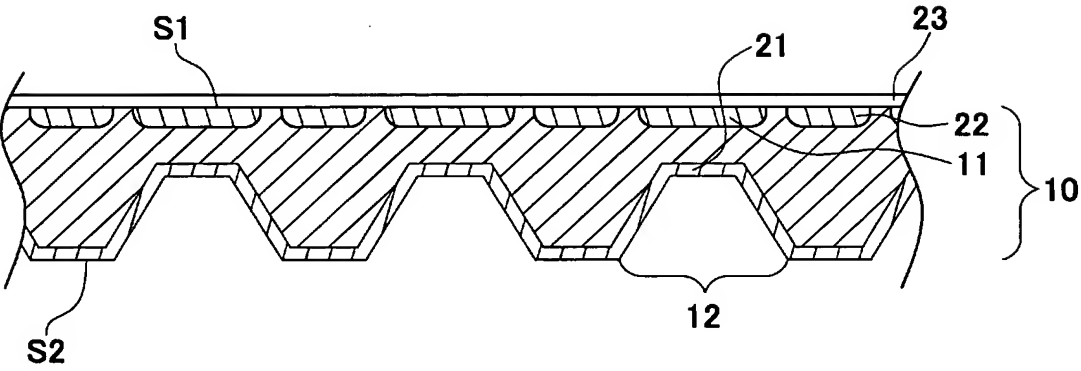
[図5]



[図6]

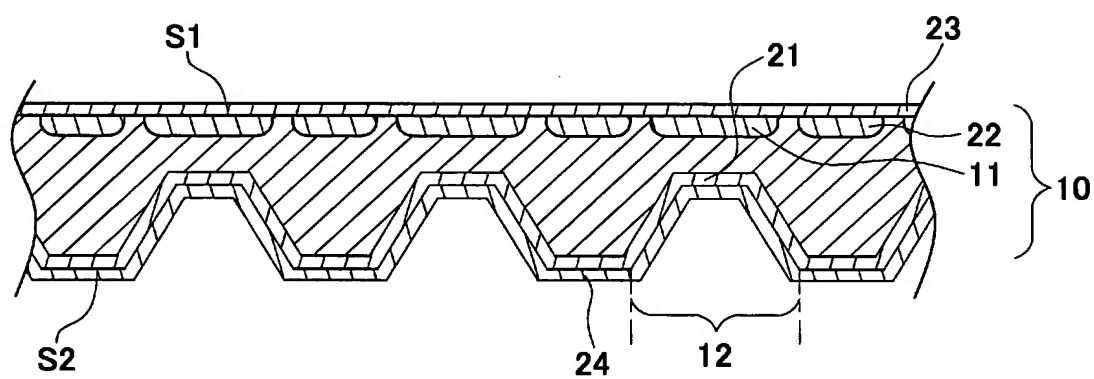


[図7]

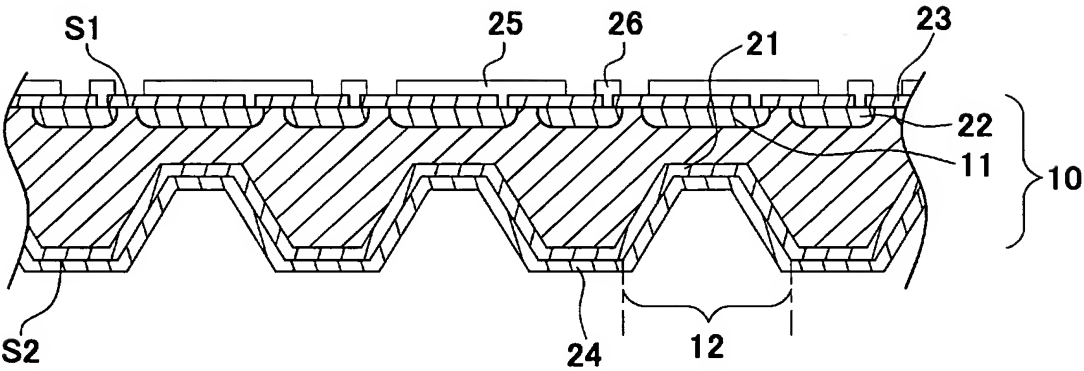




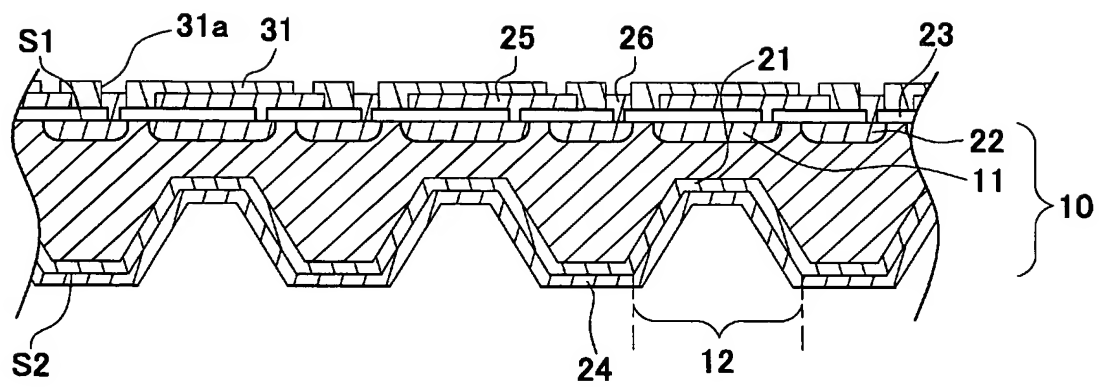
[図8]



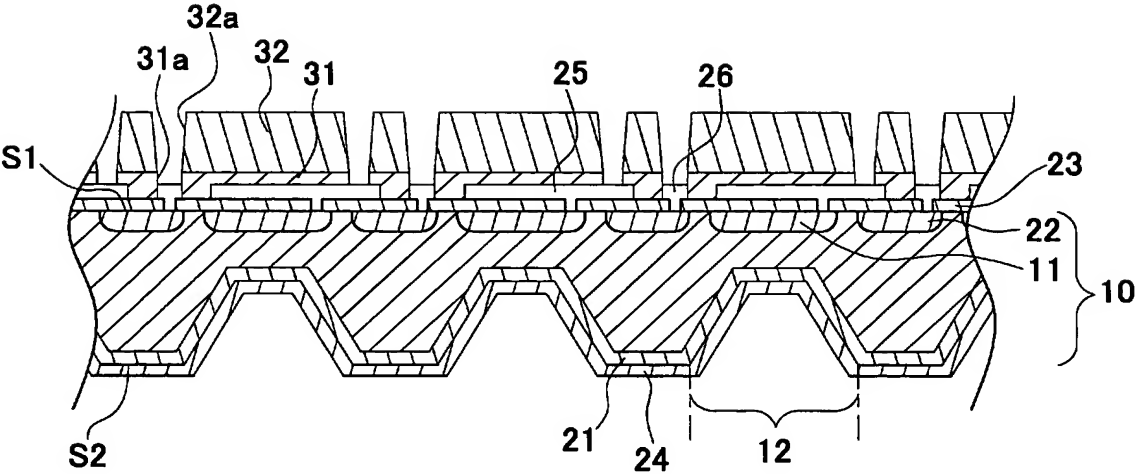
[図9]



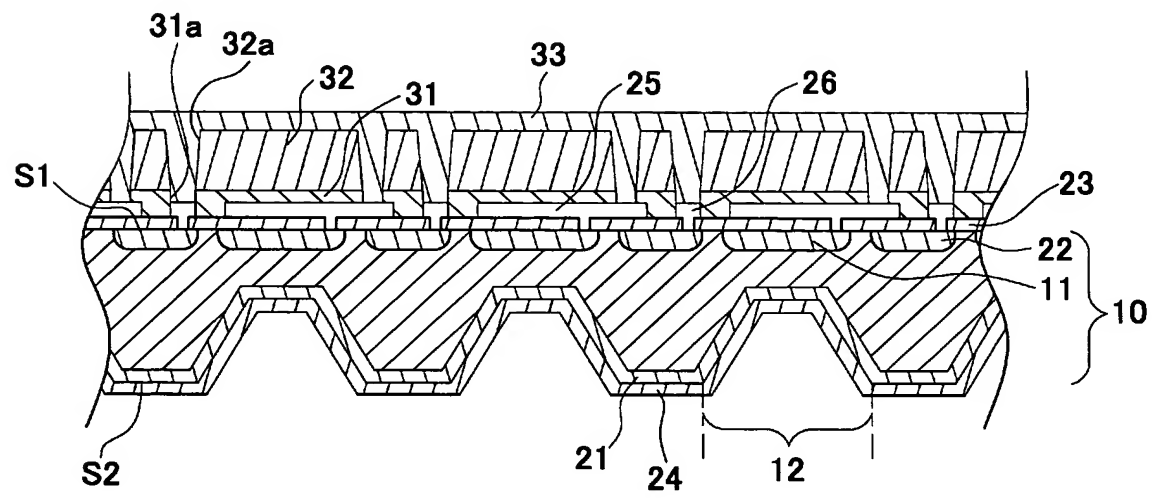
[図10]



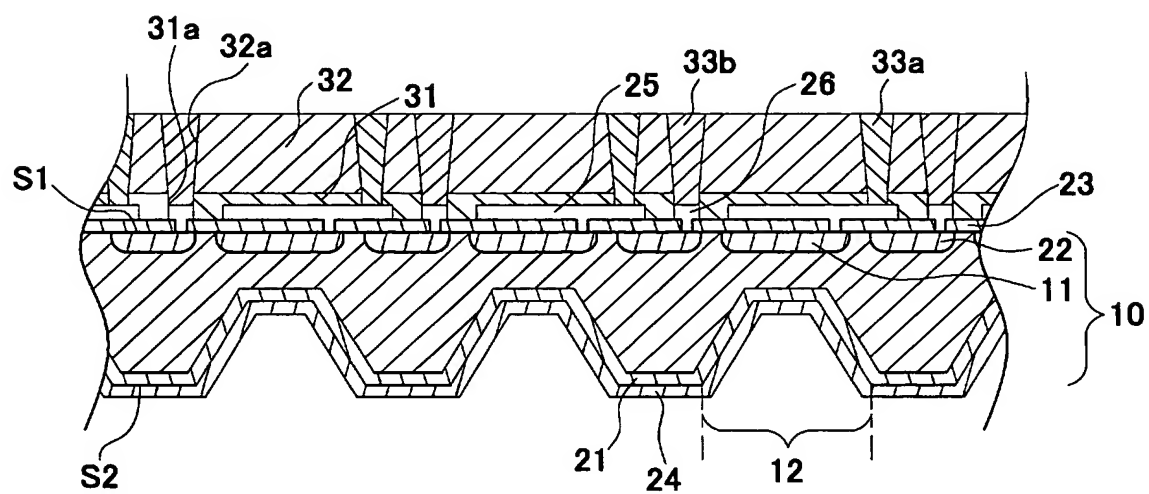
[図11]



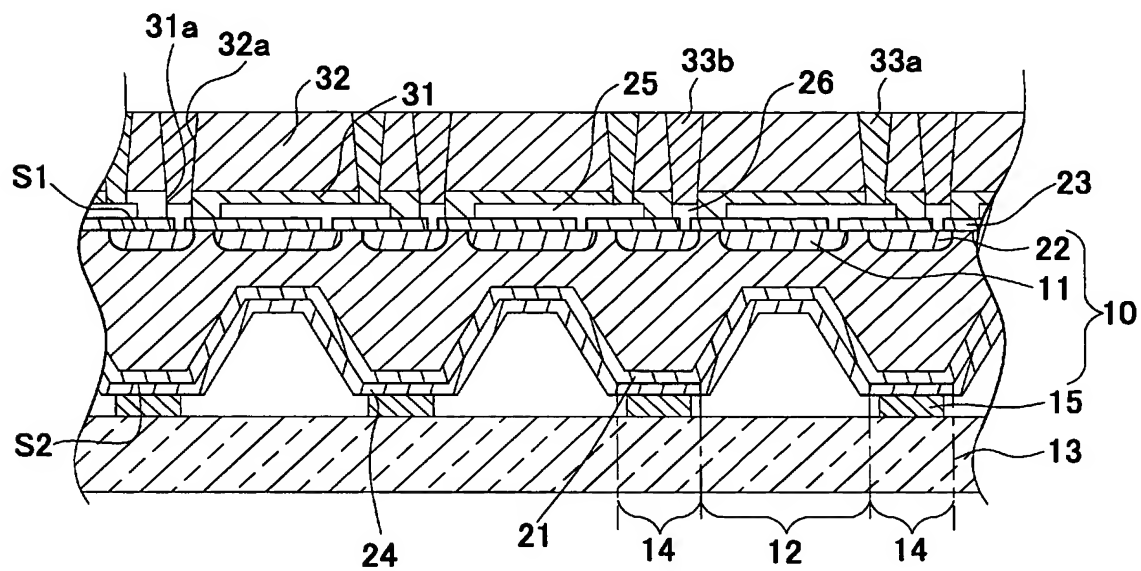
[図12]



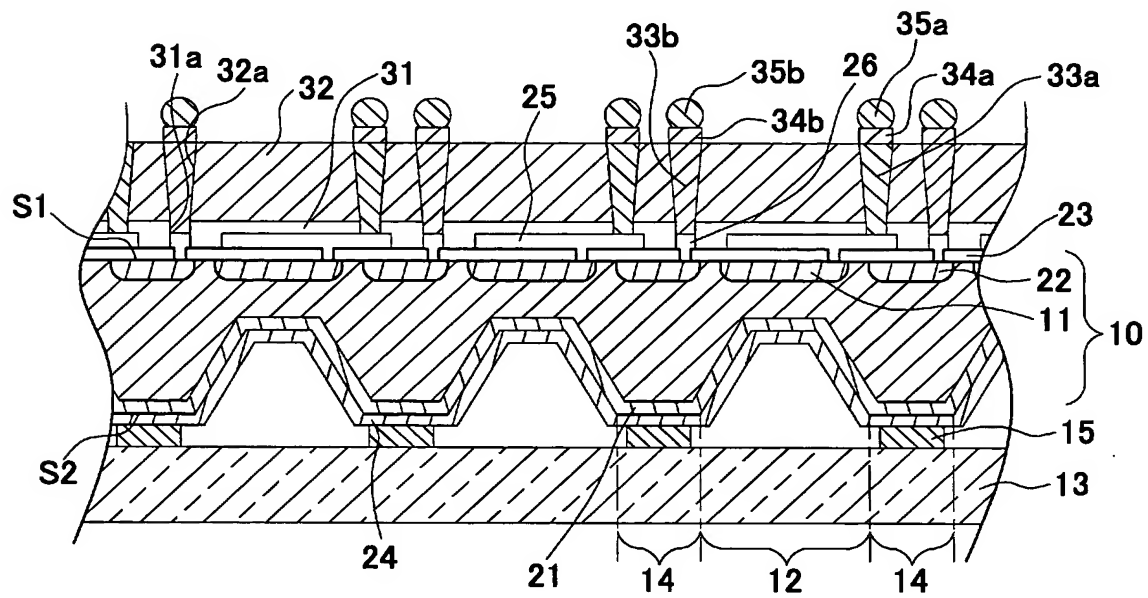
[図13]



[図14]



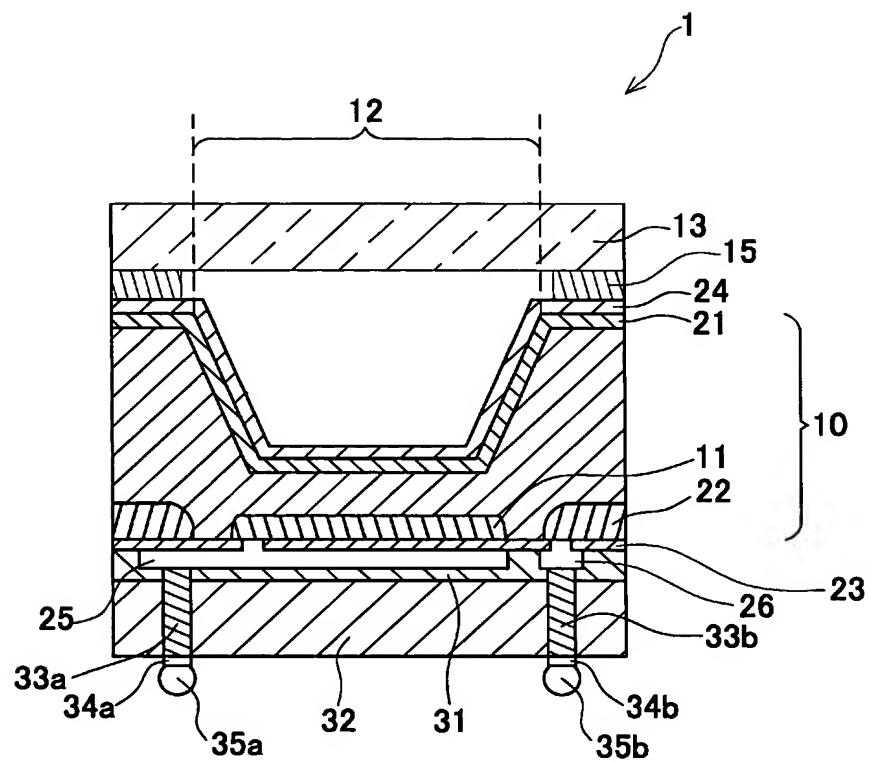
[図15]



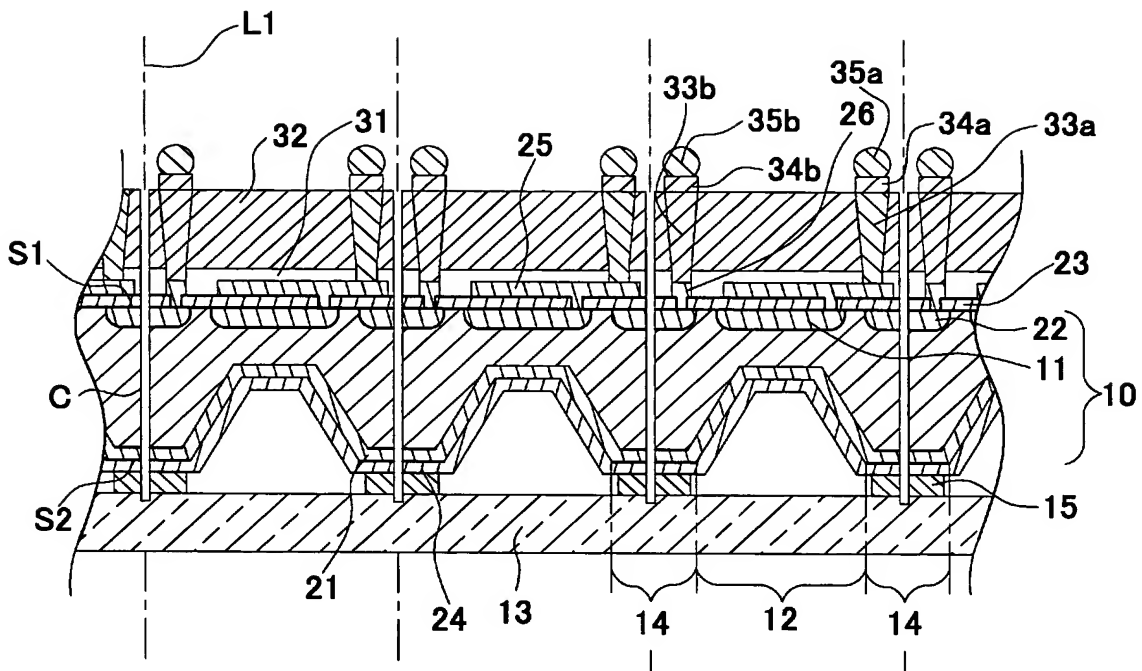




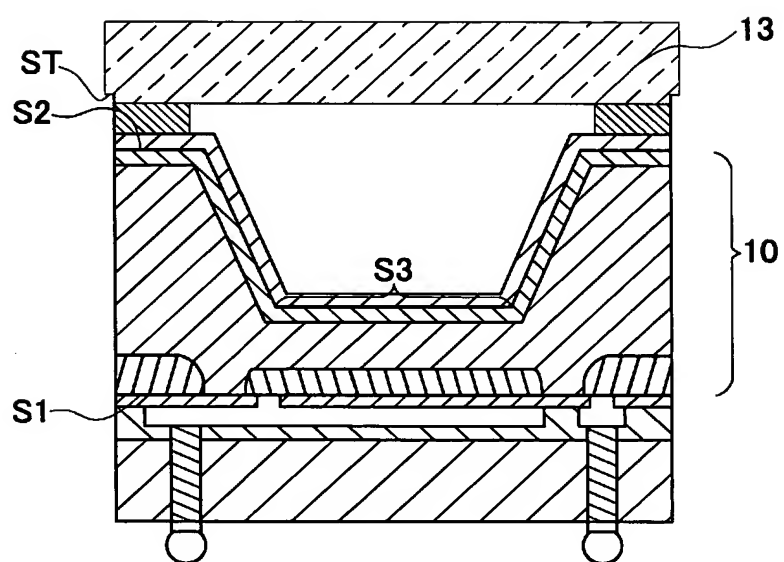
[図17]



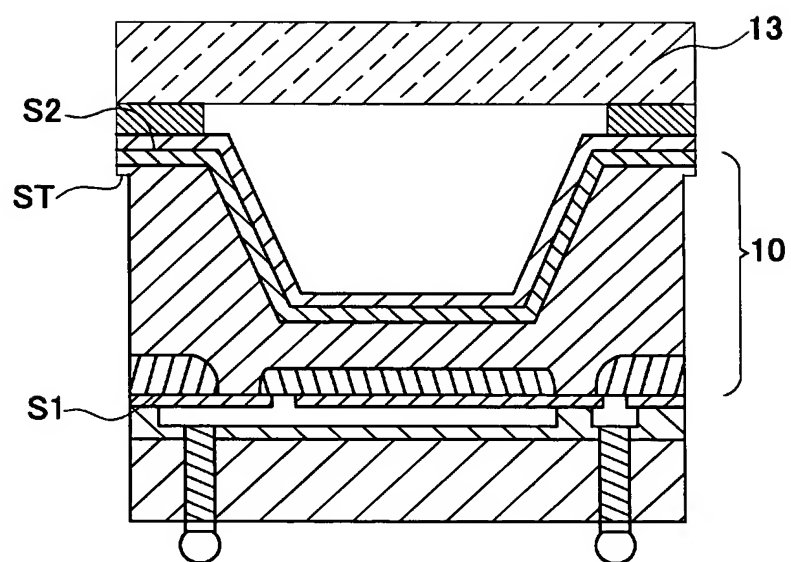
[図18]



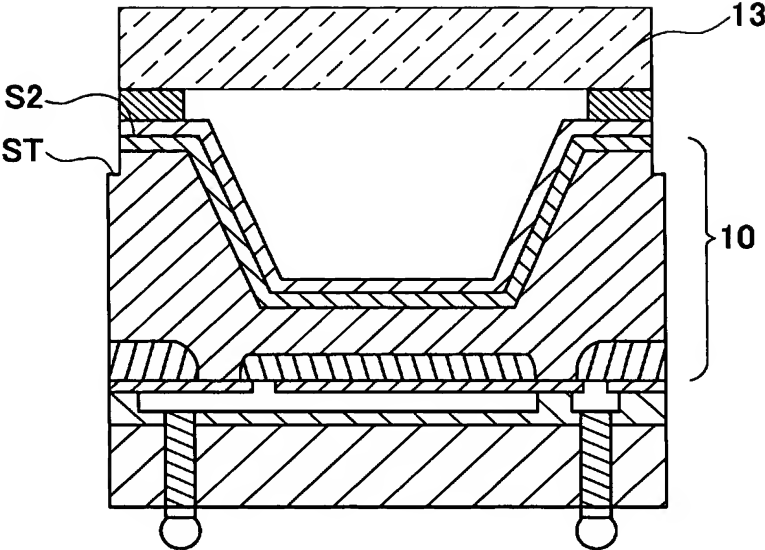
[図19]



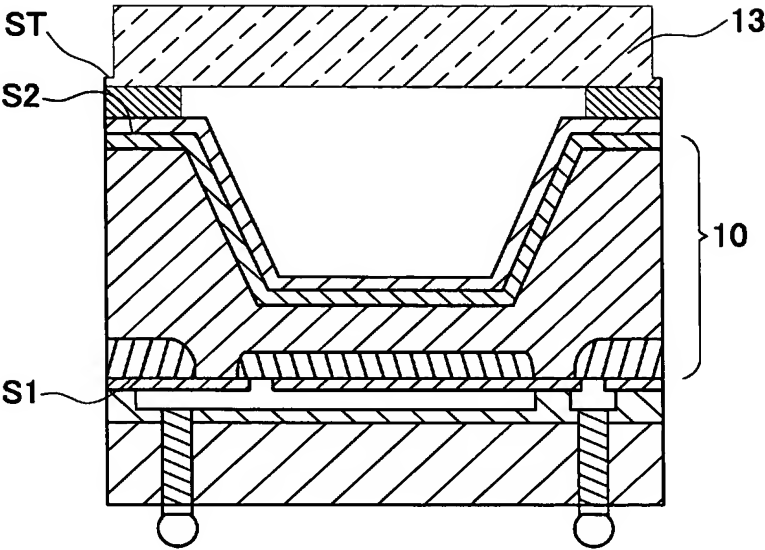
[図20]



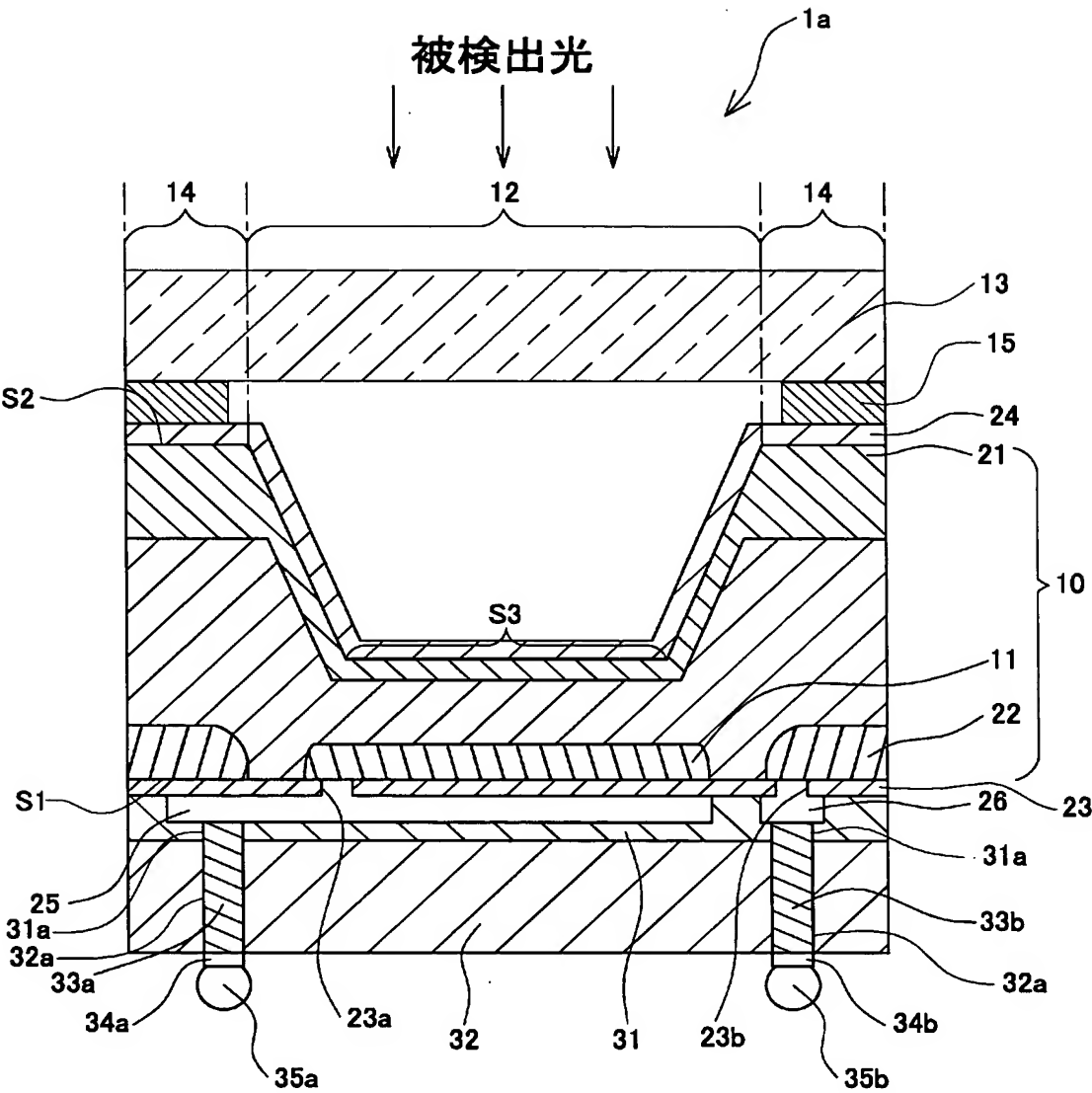
[図21]



[図22]



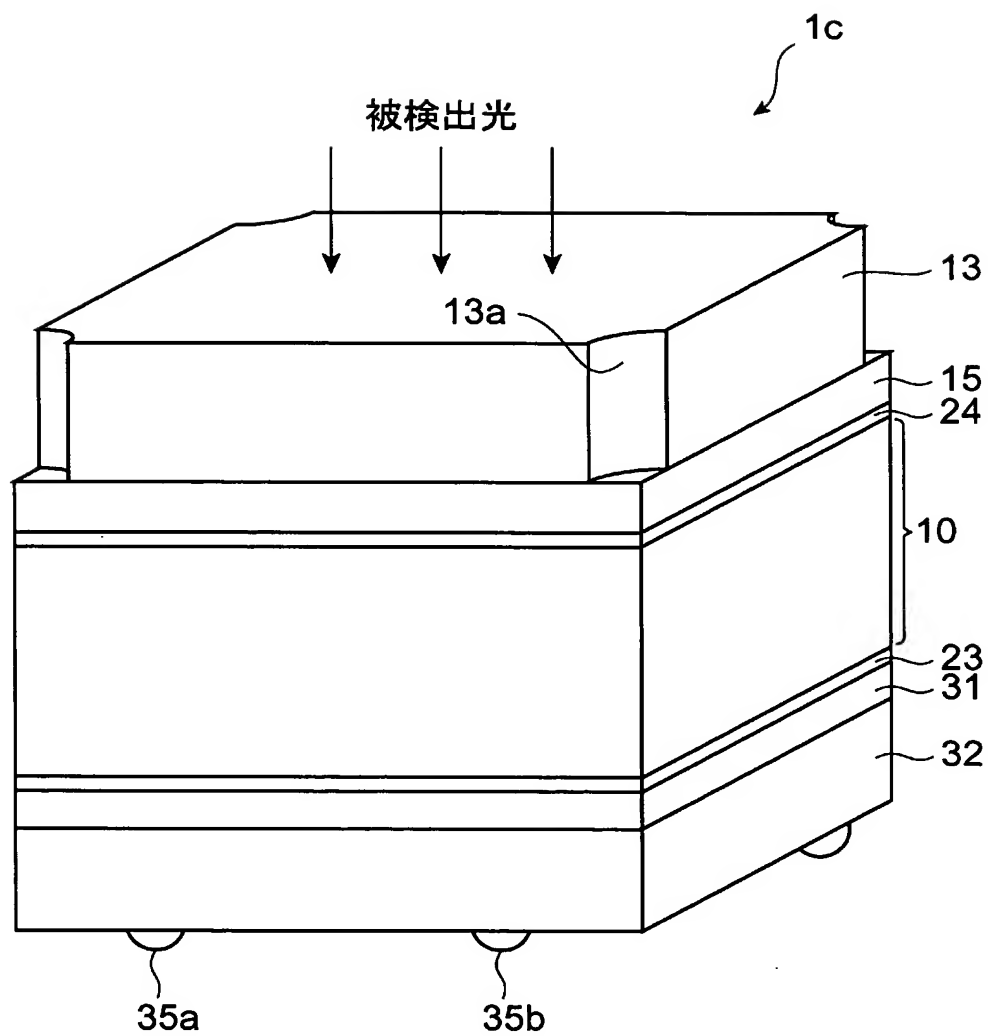
[図23]



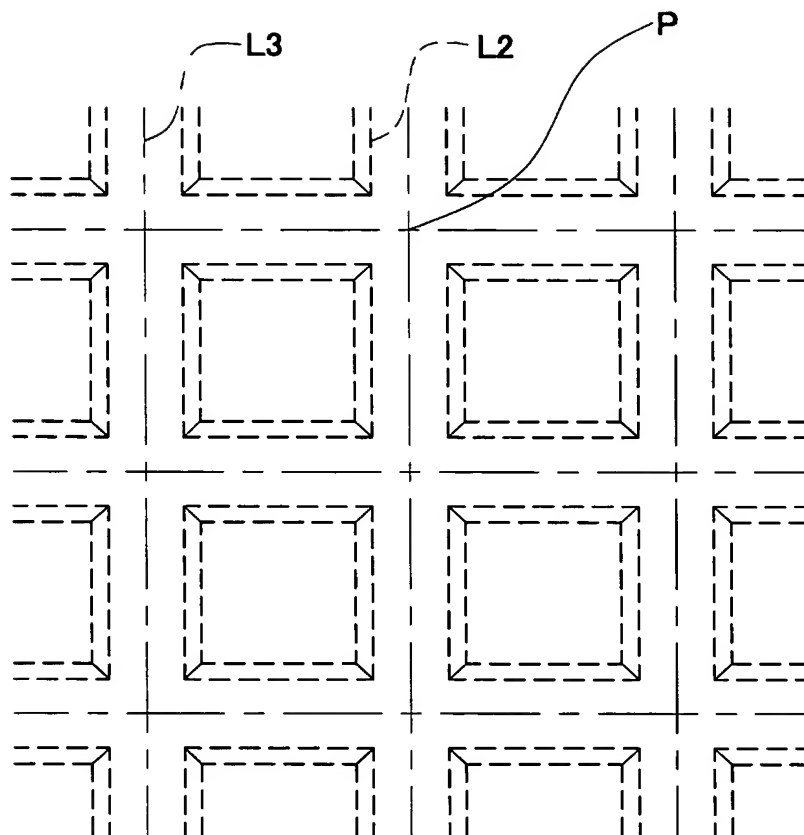




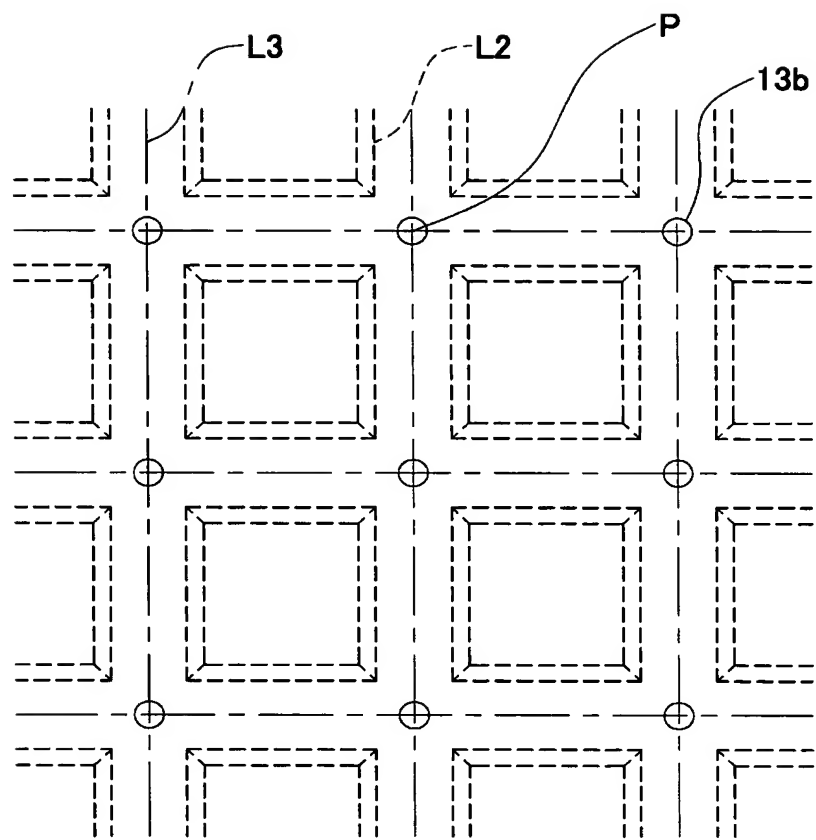
[図25]



[図26]

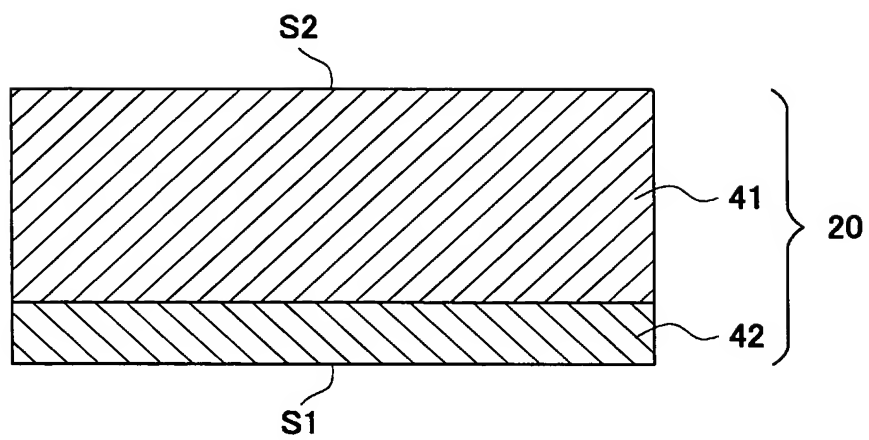


[図27]

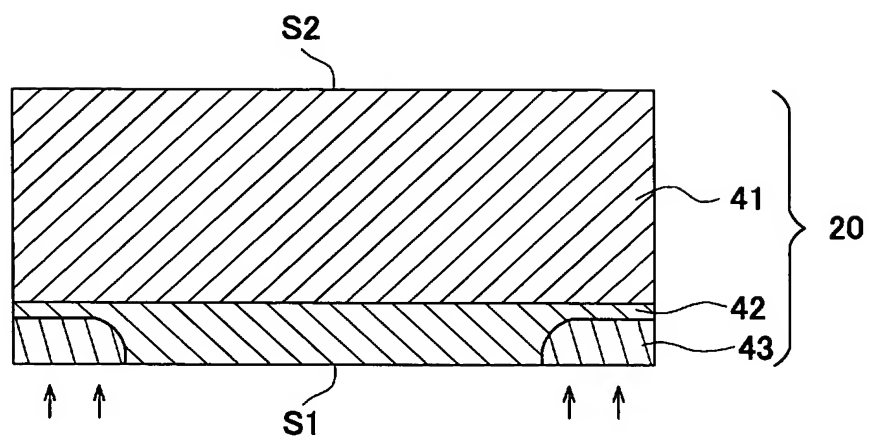




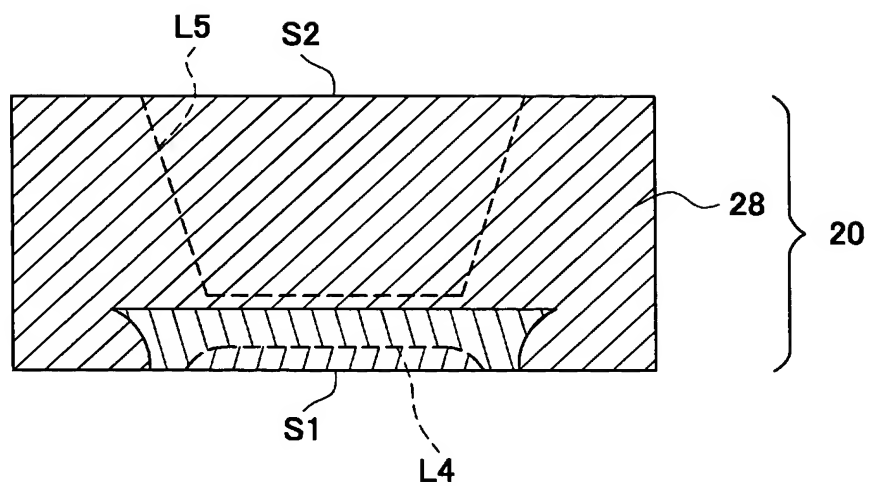
[図29]



[図30]

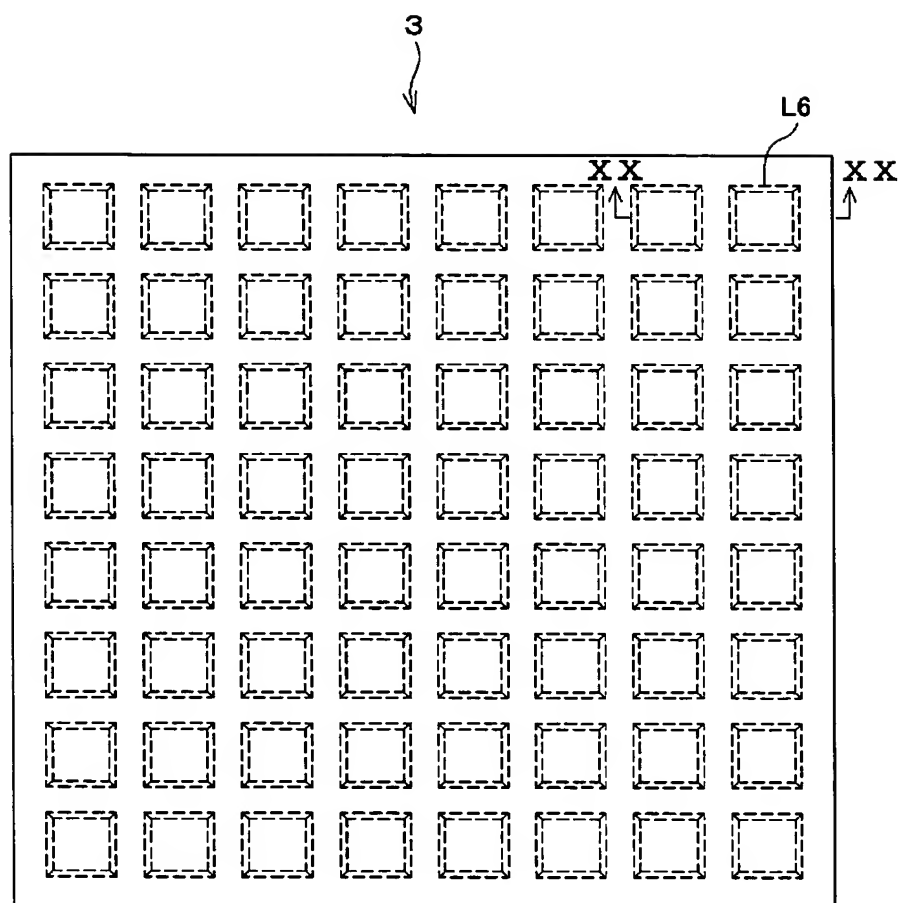


[図31]

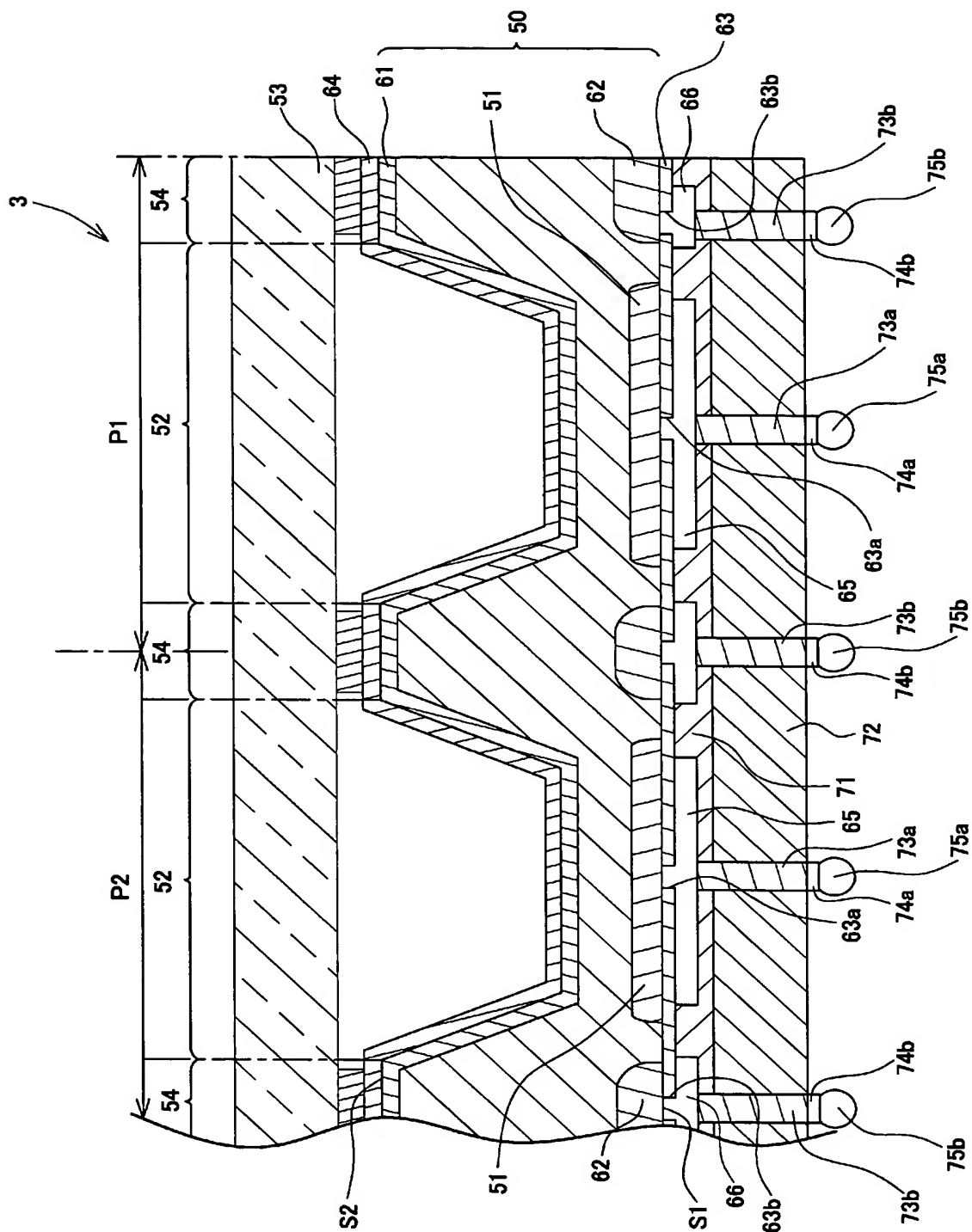




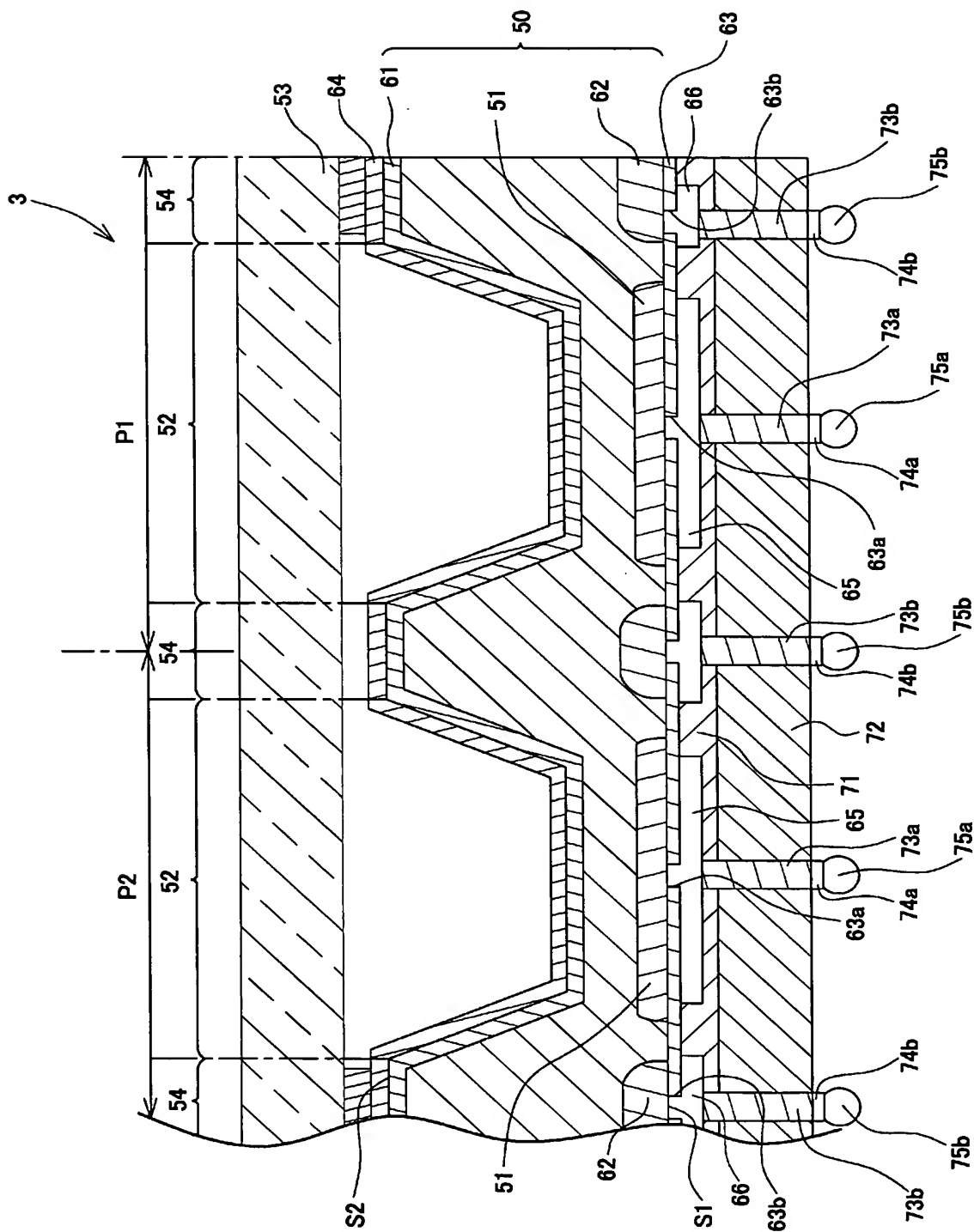
[図32]



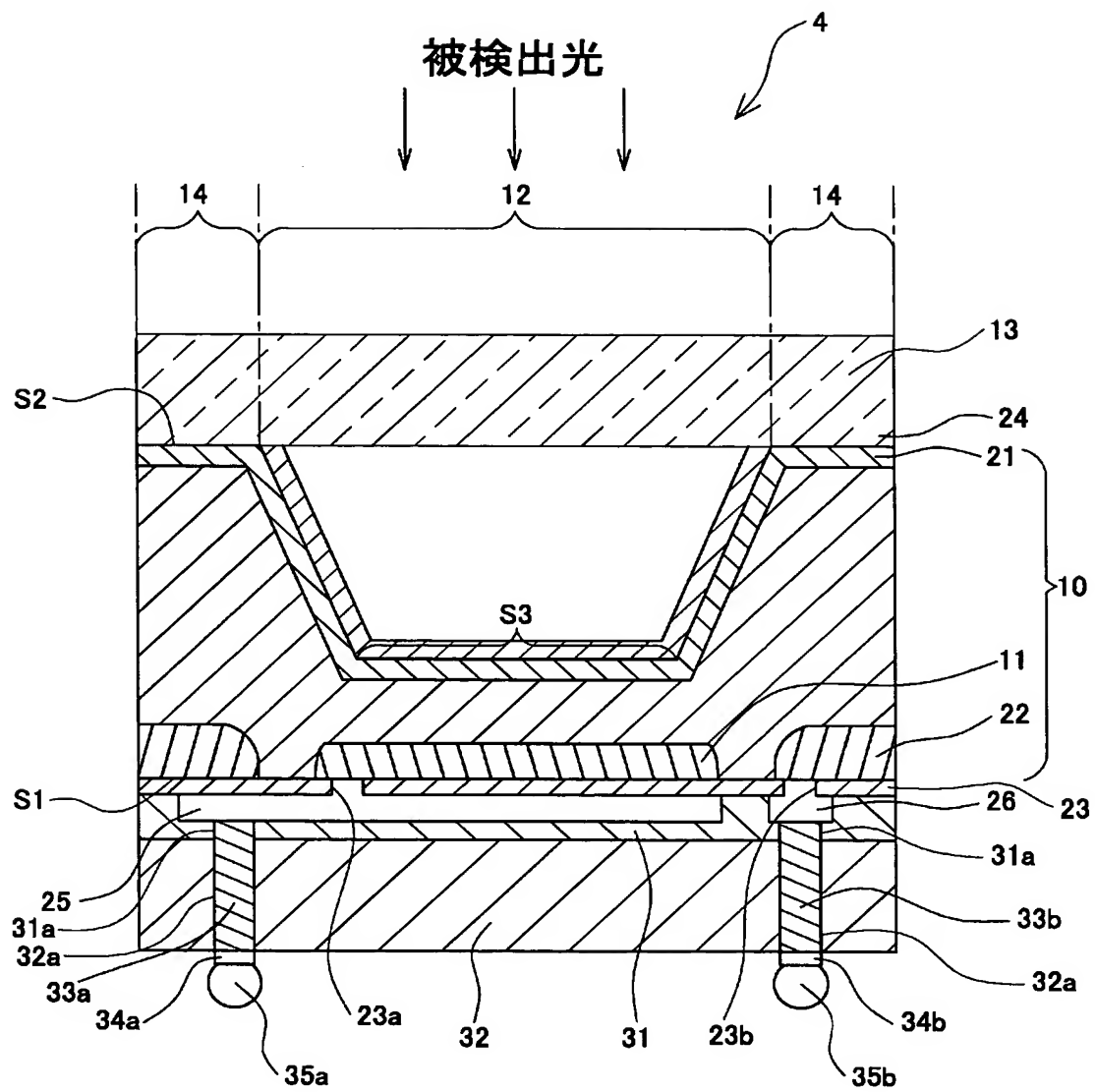
[図33]



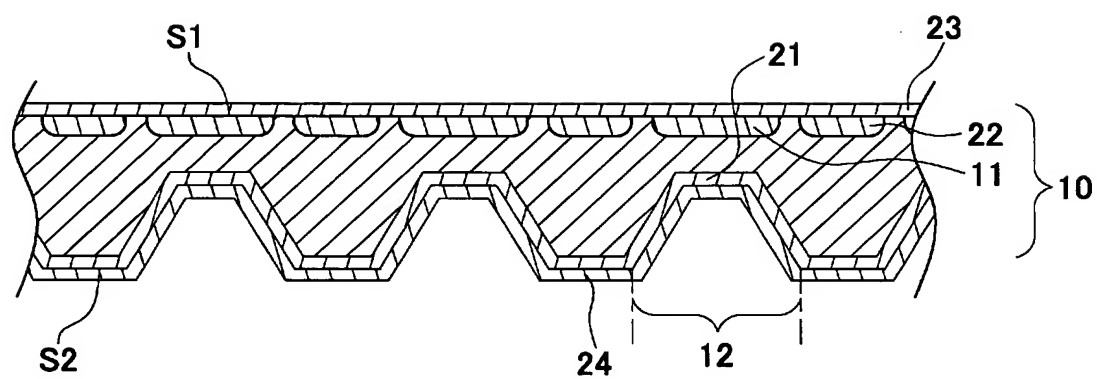
[図34]



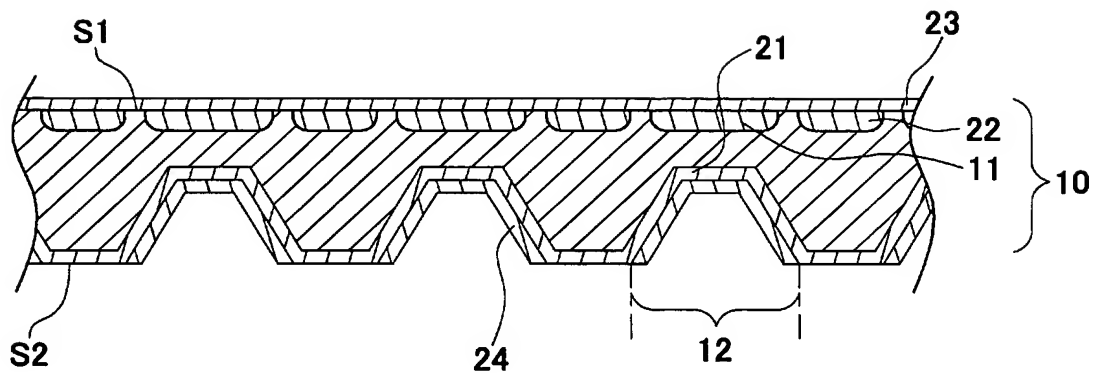
[図35]



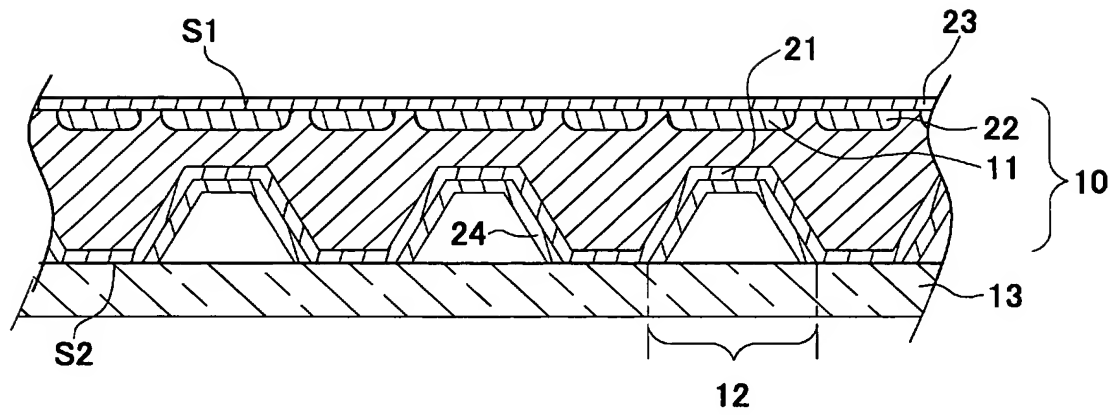
[図36]



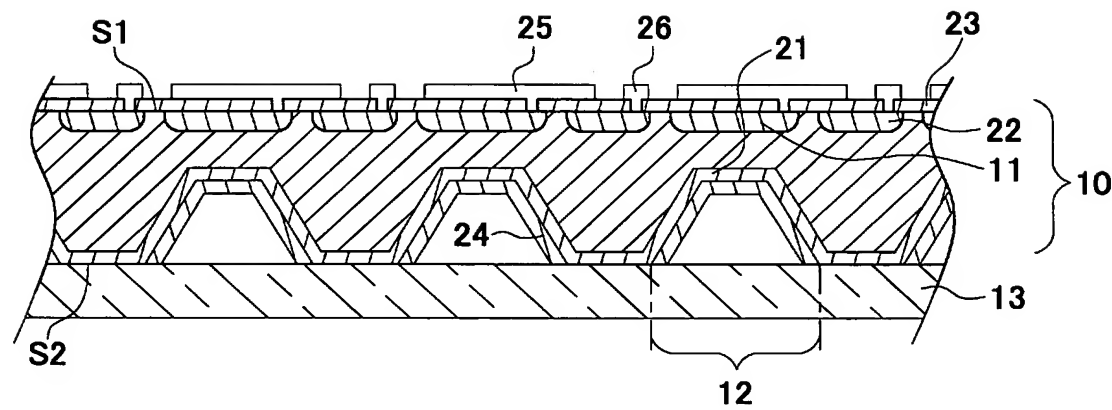
[図37]



[図38]

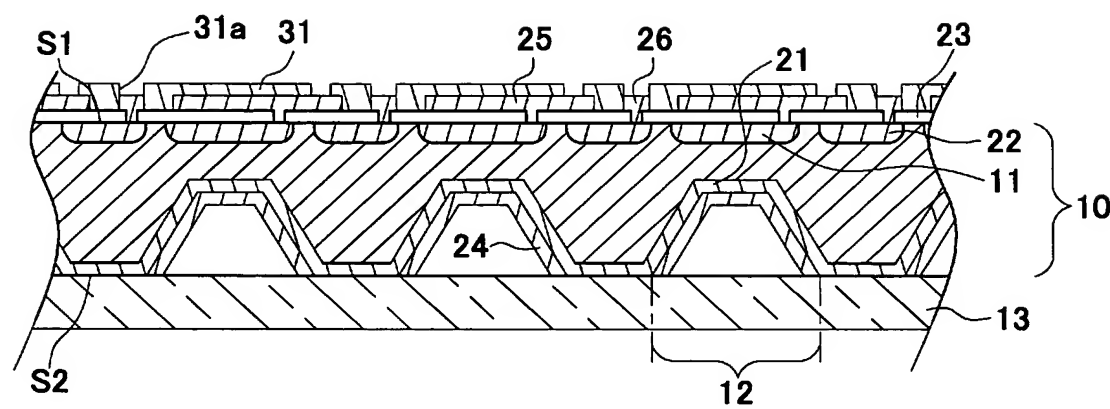


[図39]

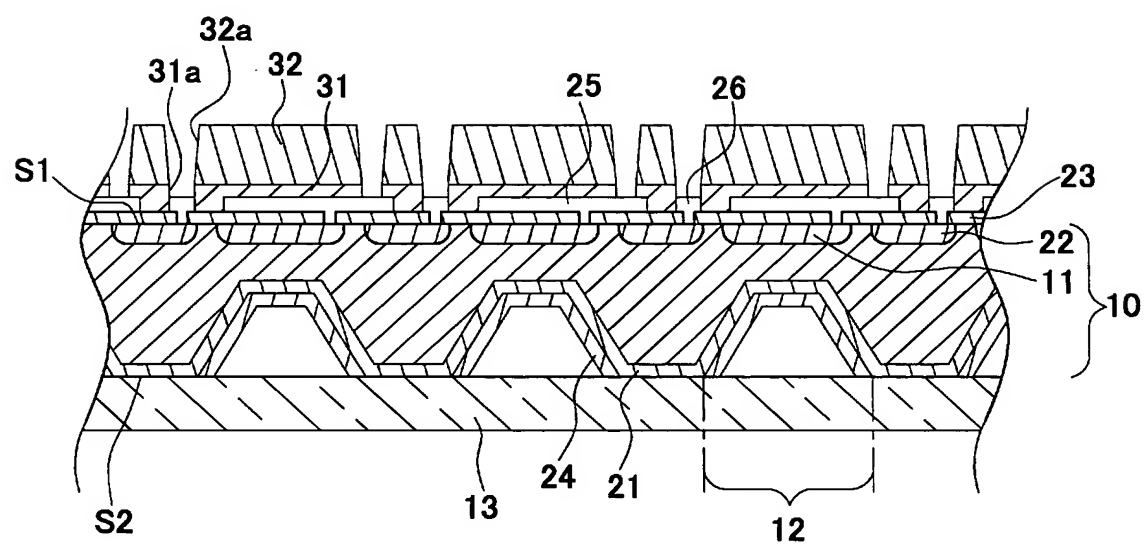




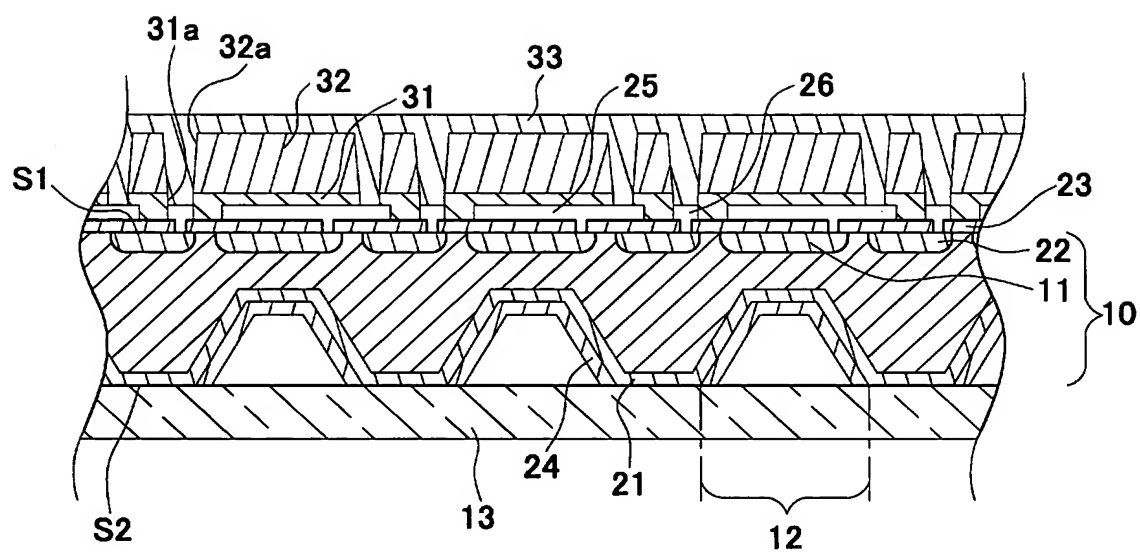
[図40]



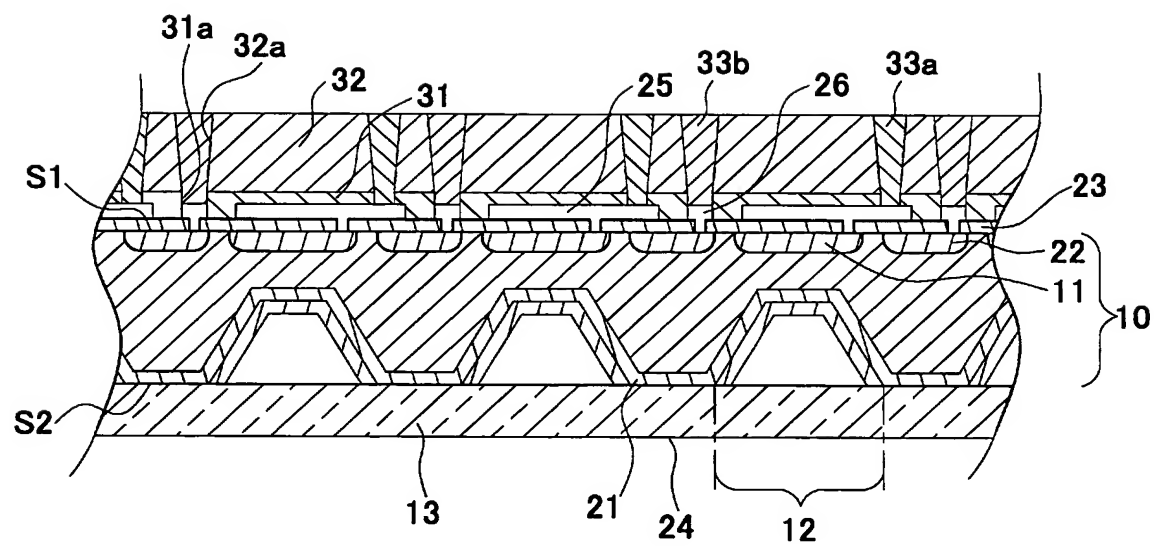
[図41]



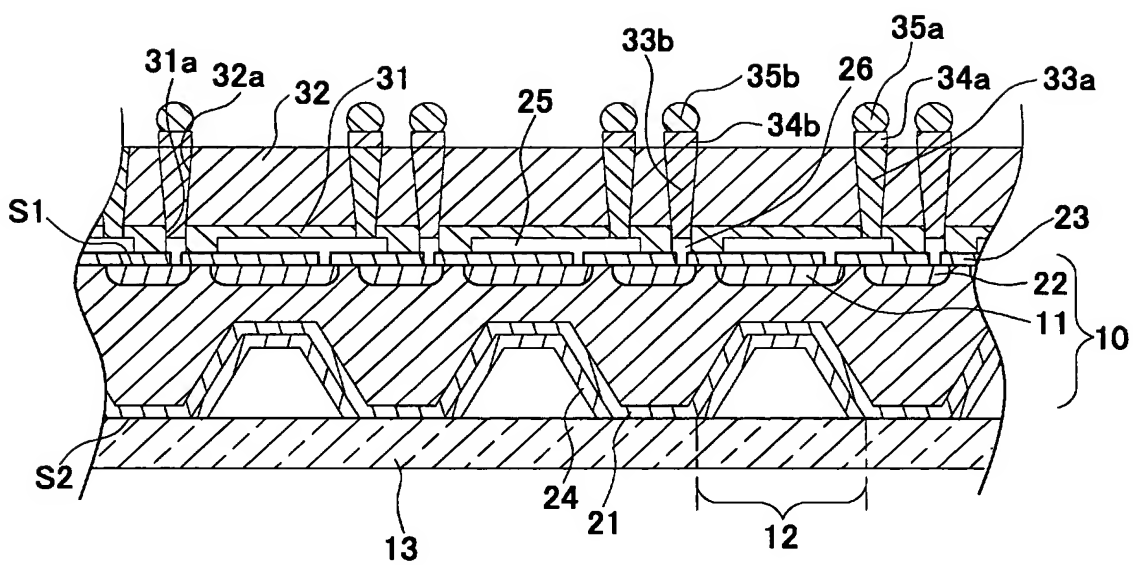
[図42]



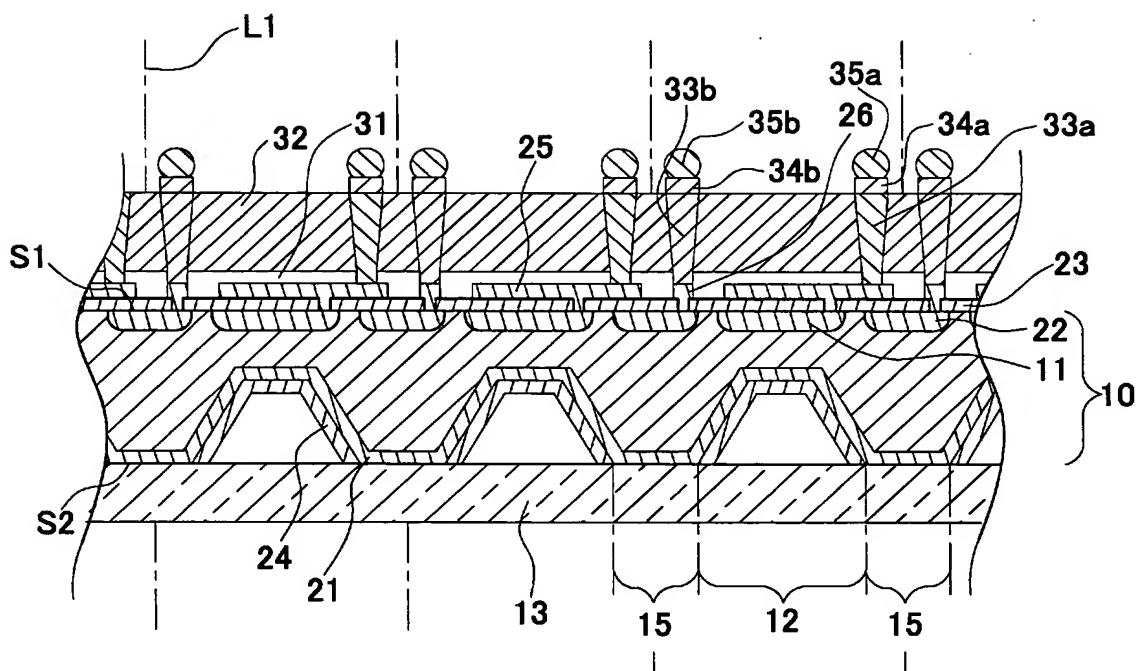
[図43]



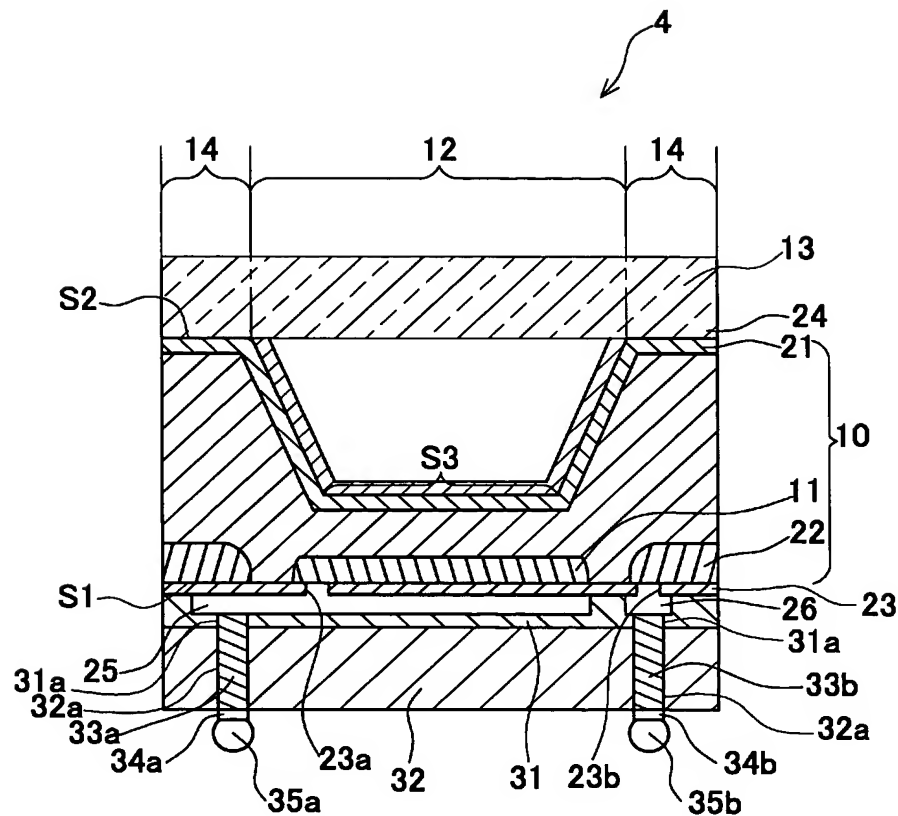
[図44]



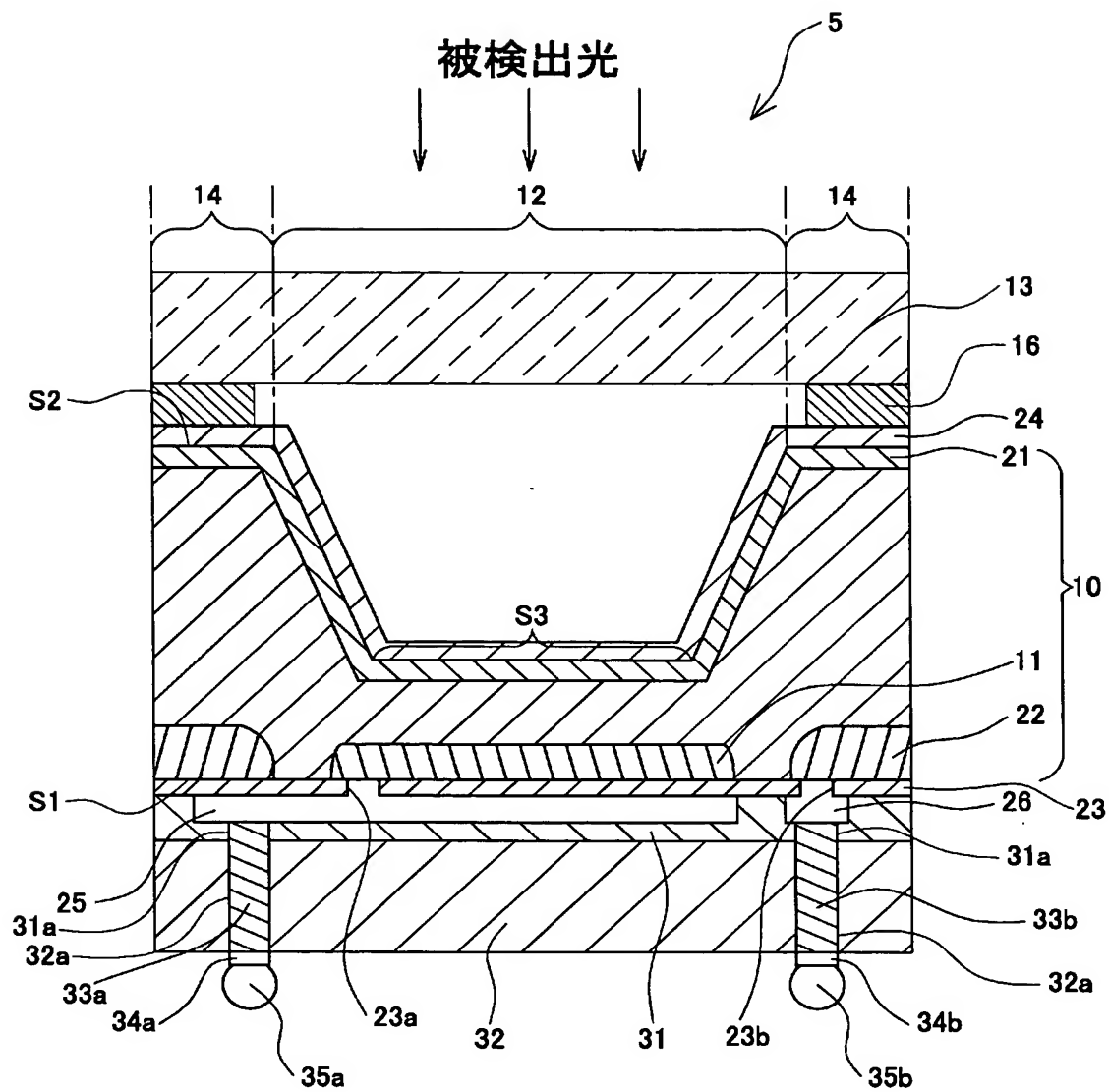
[図45]



[図46]

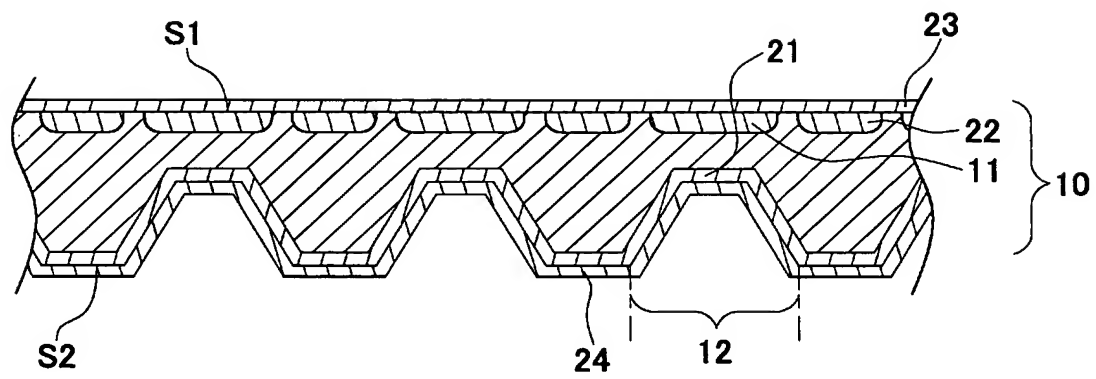


[図47]

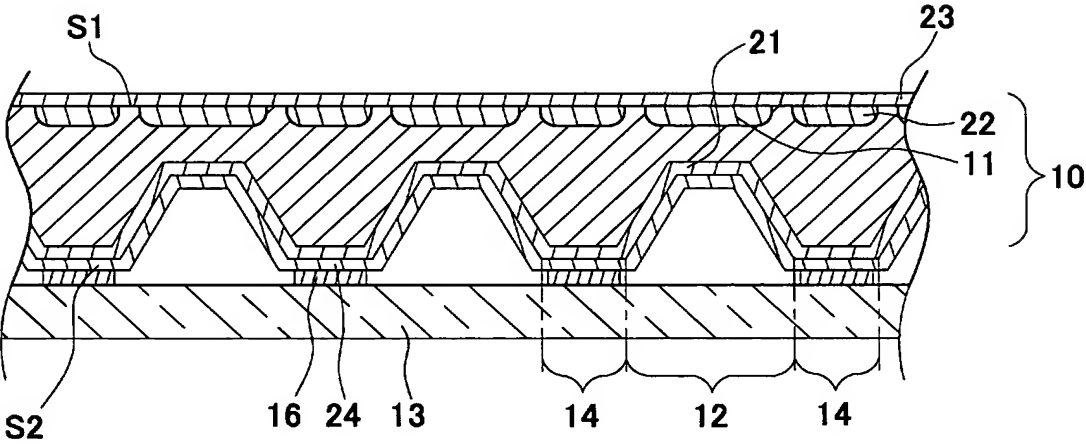




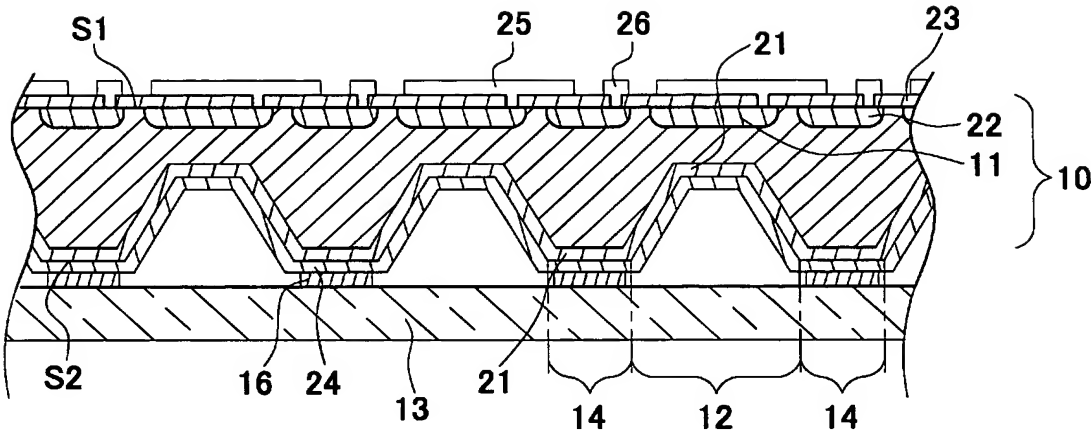
[図48]



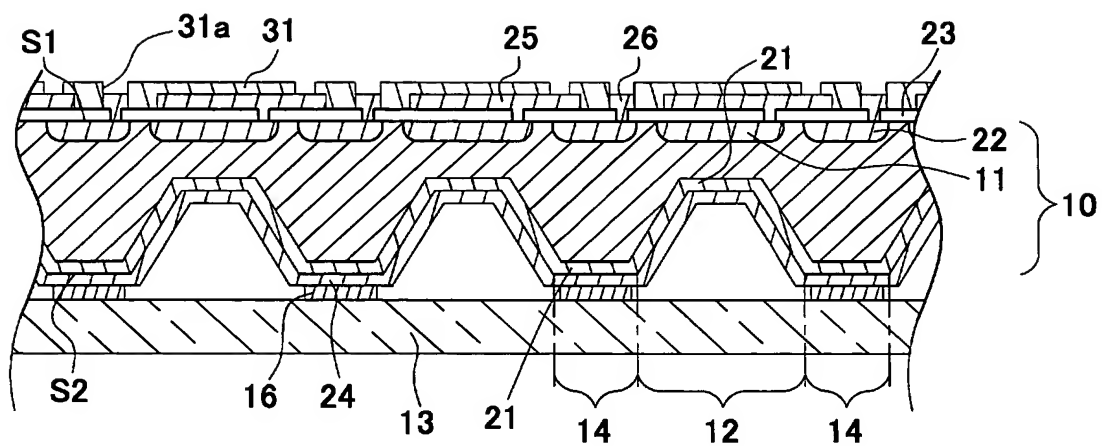
[図49]



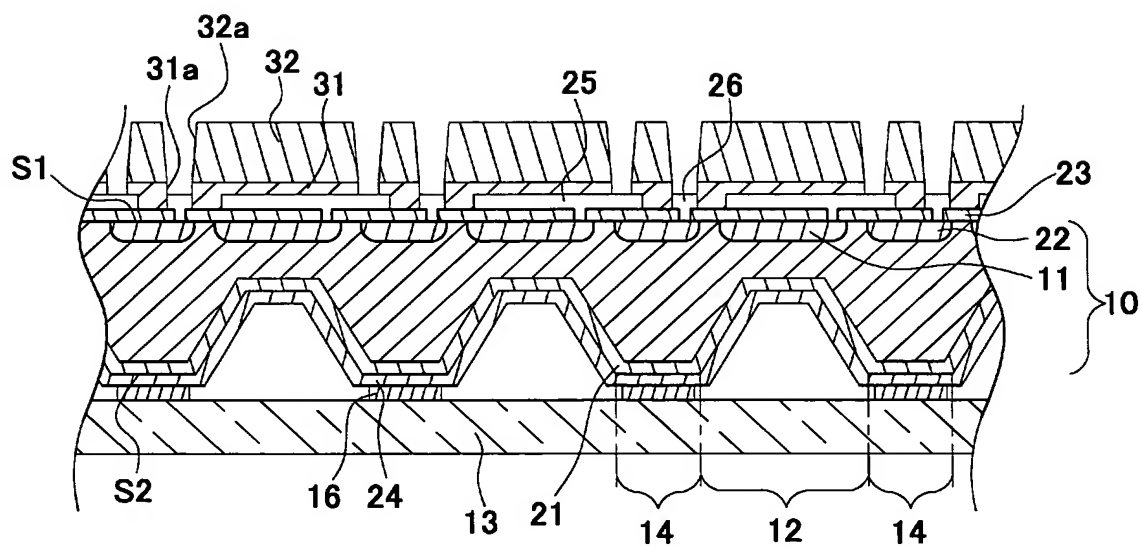
[図50]



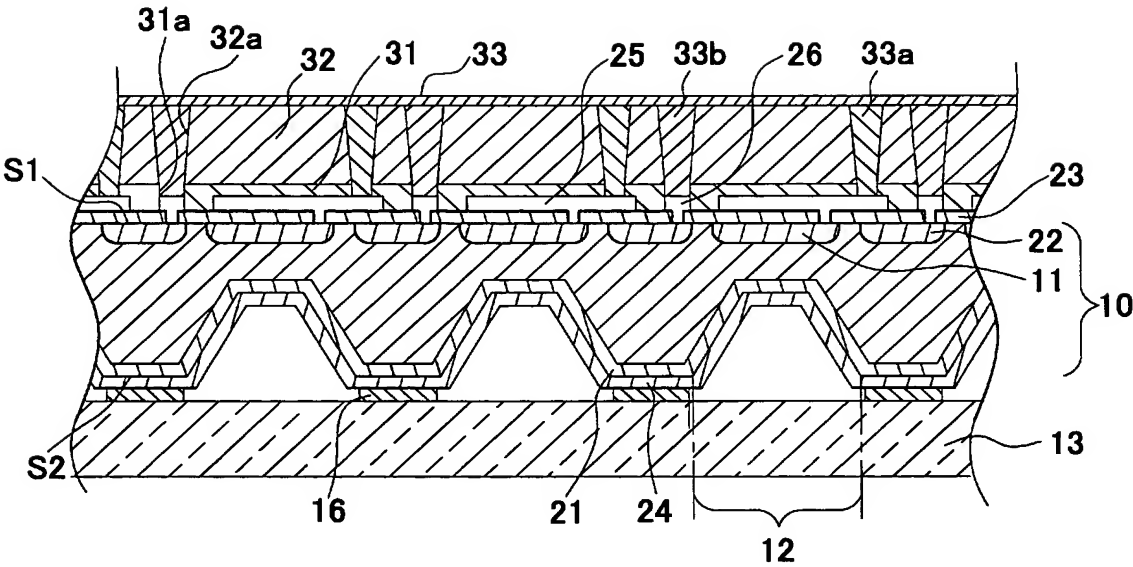
[図51]



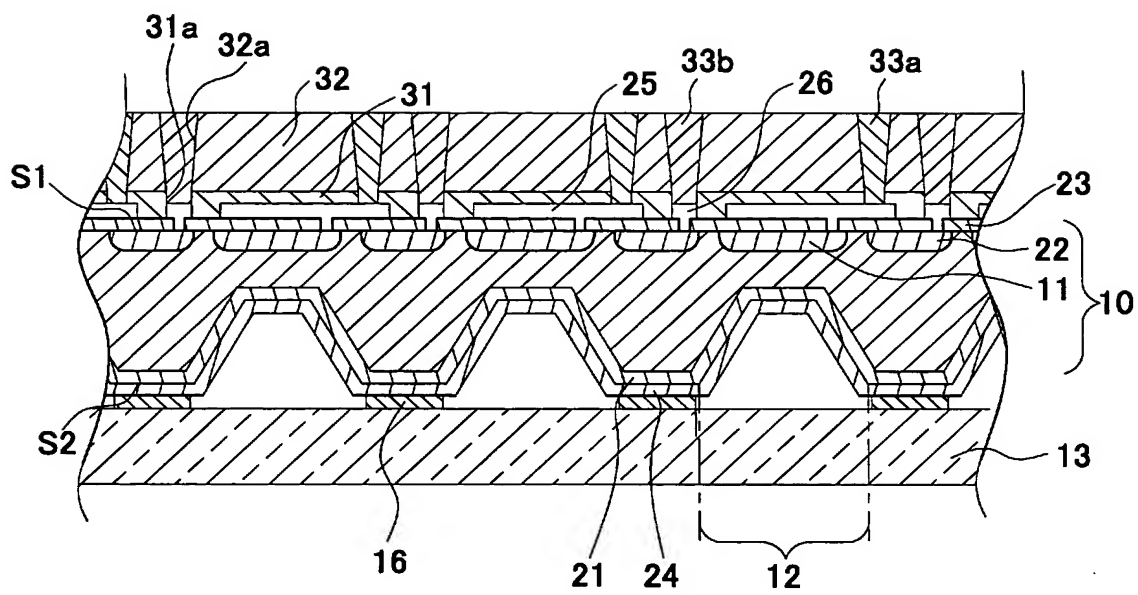
[図52]



[図53]



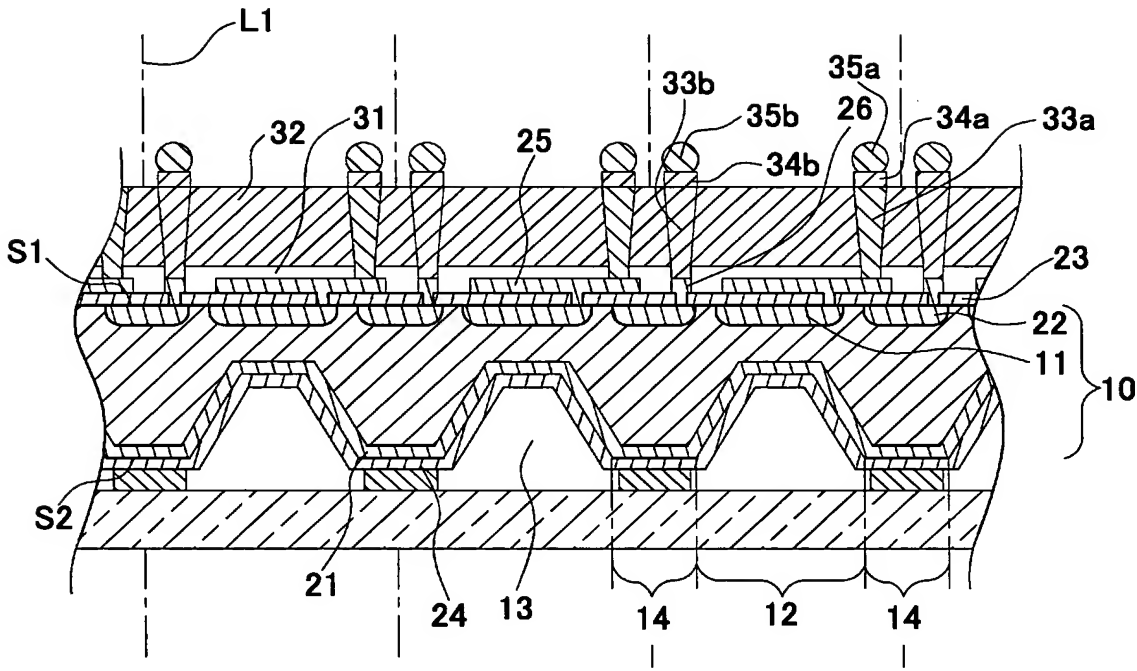
[図54]



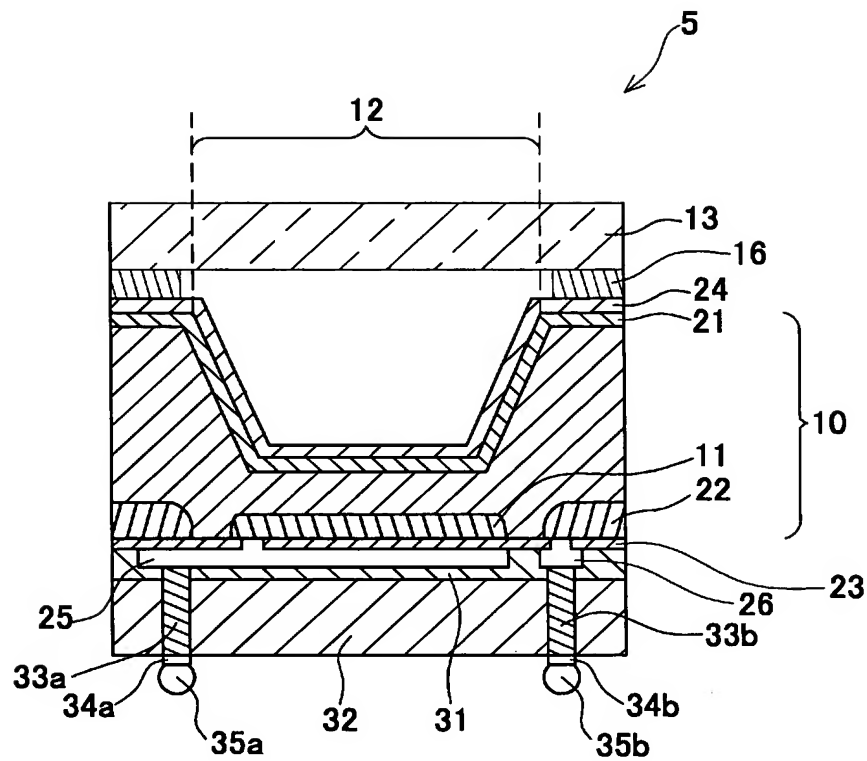




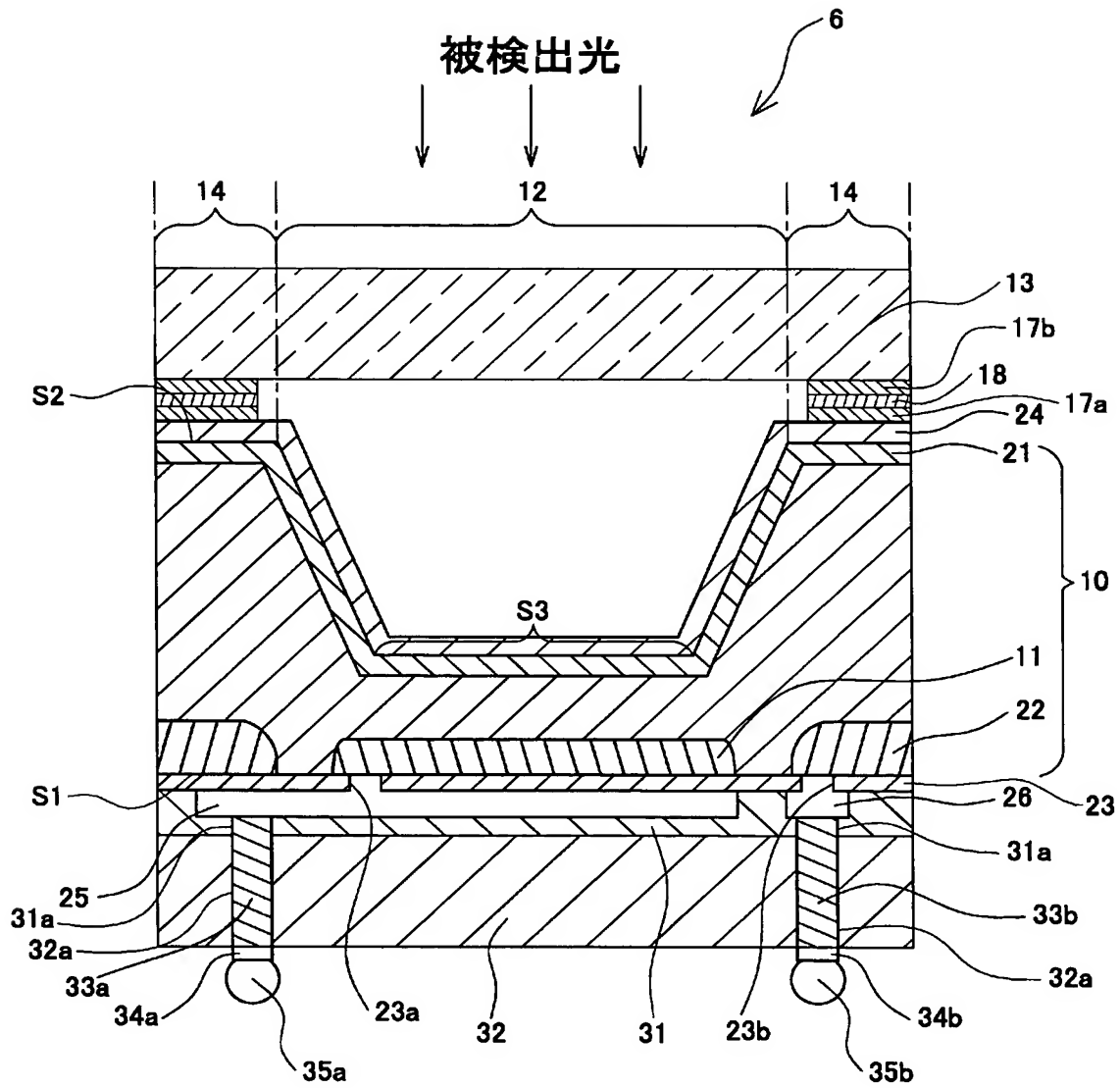
[図56]



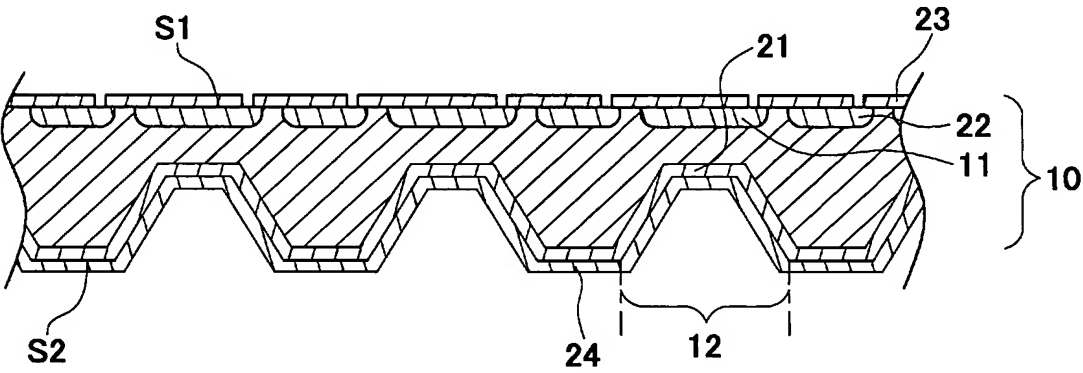
[図57]



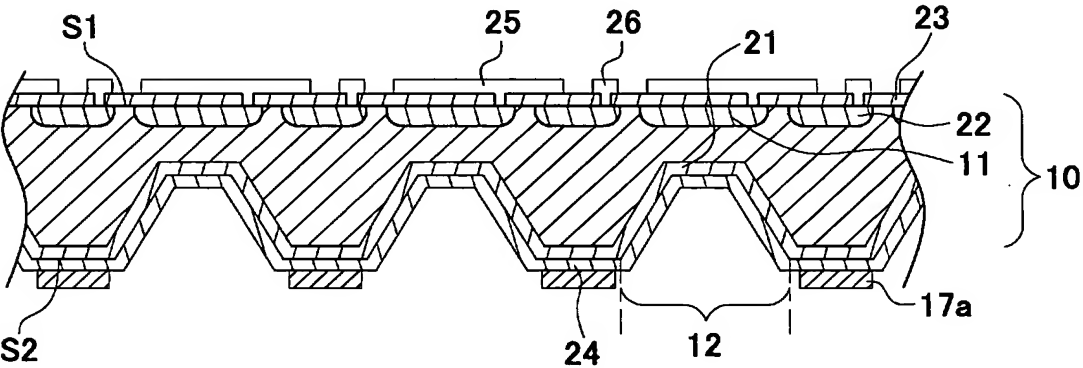
[図58]



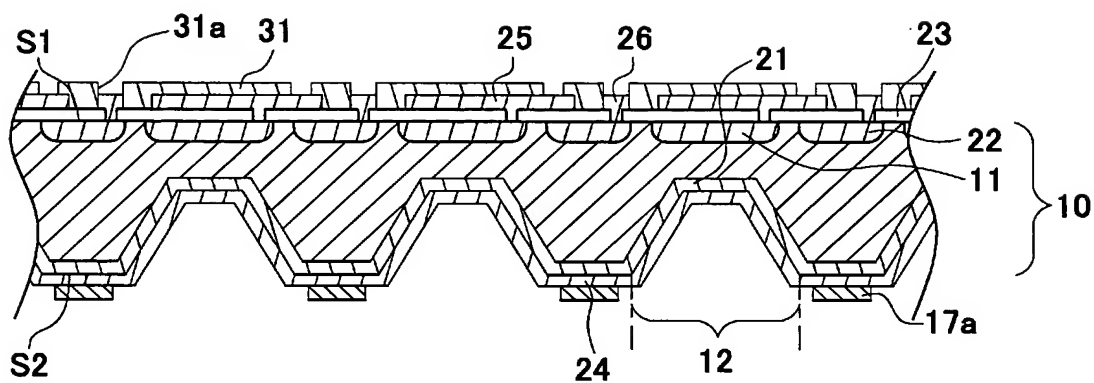
[図59]



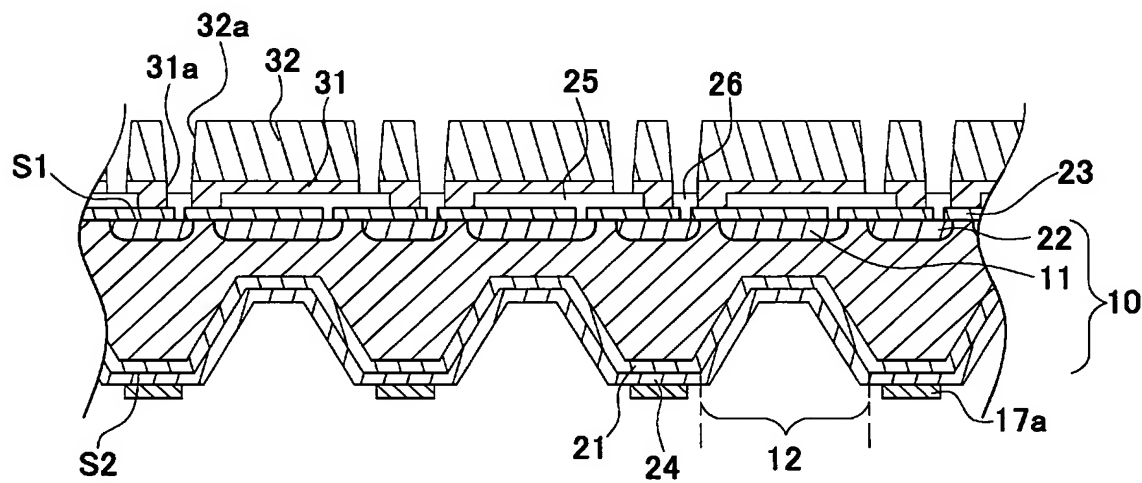
[図60]



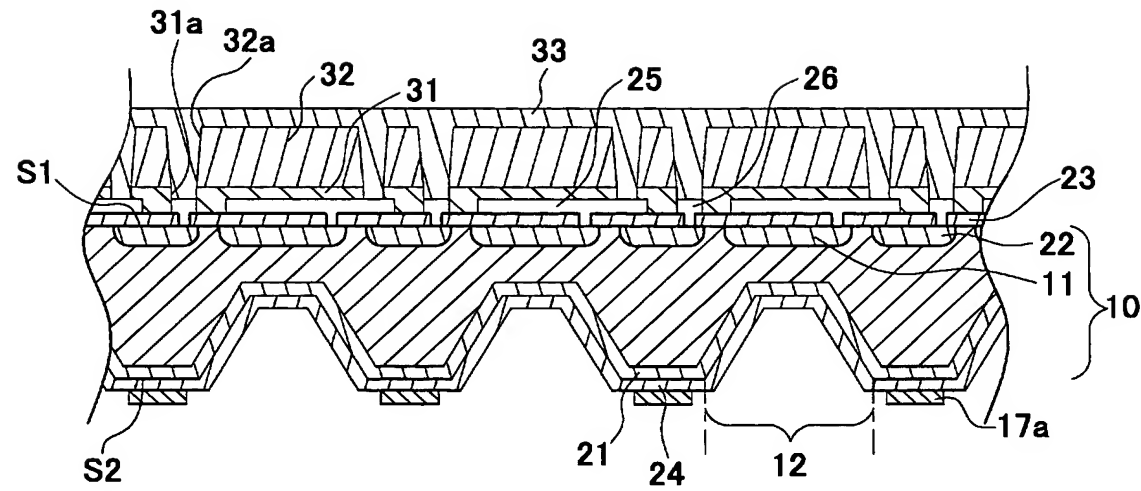
[図61]



[図62]

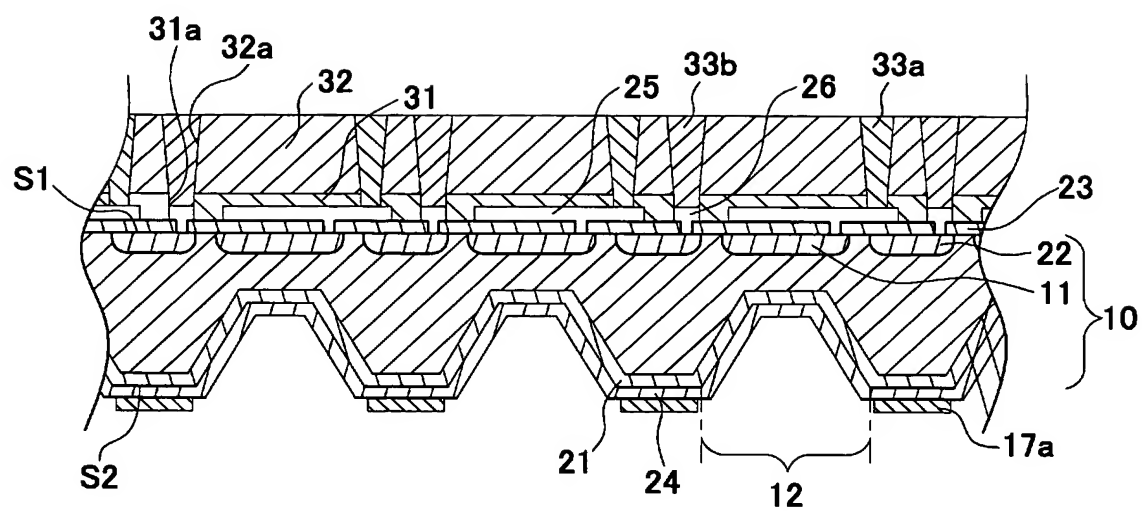


[図63]

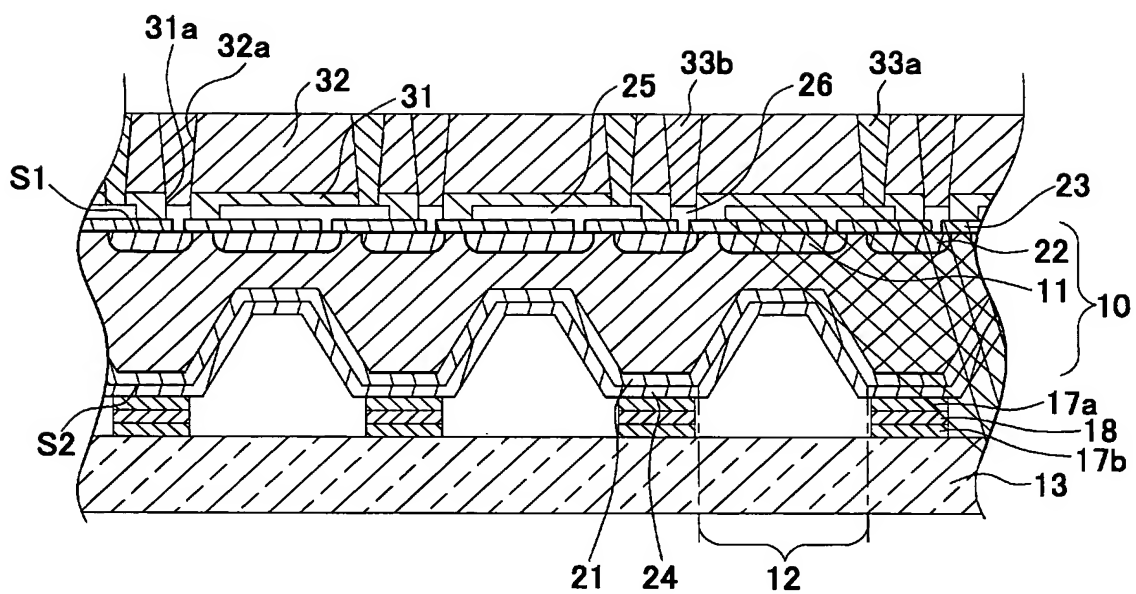




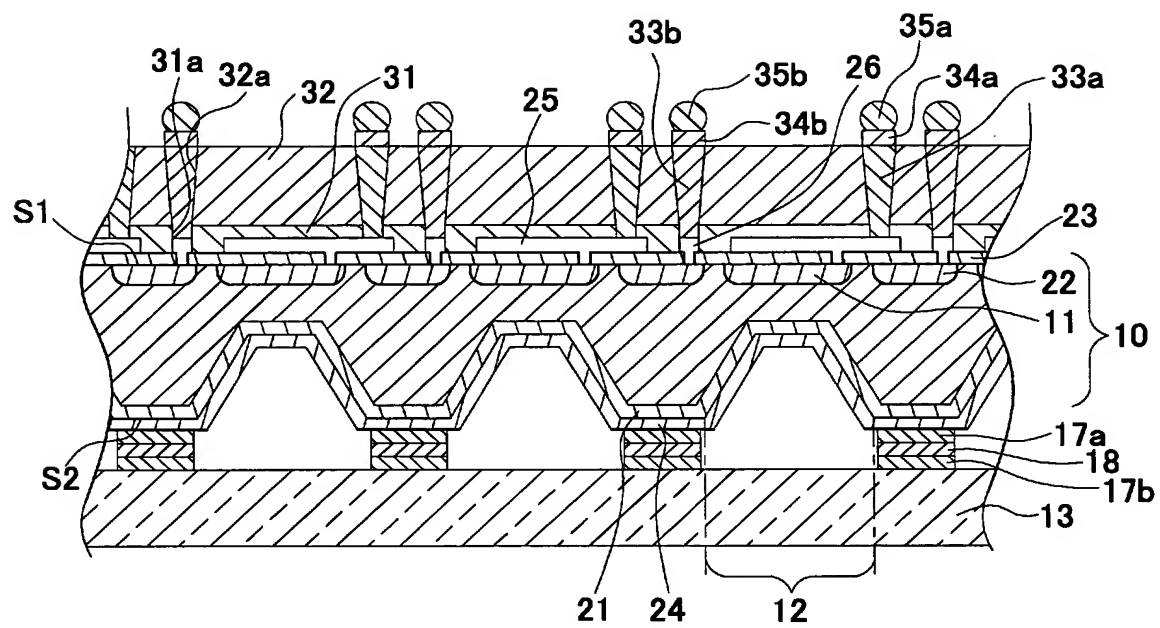
[図64]



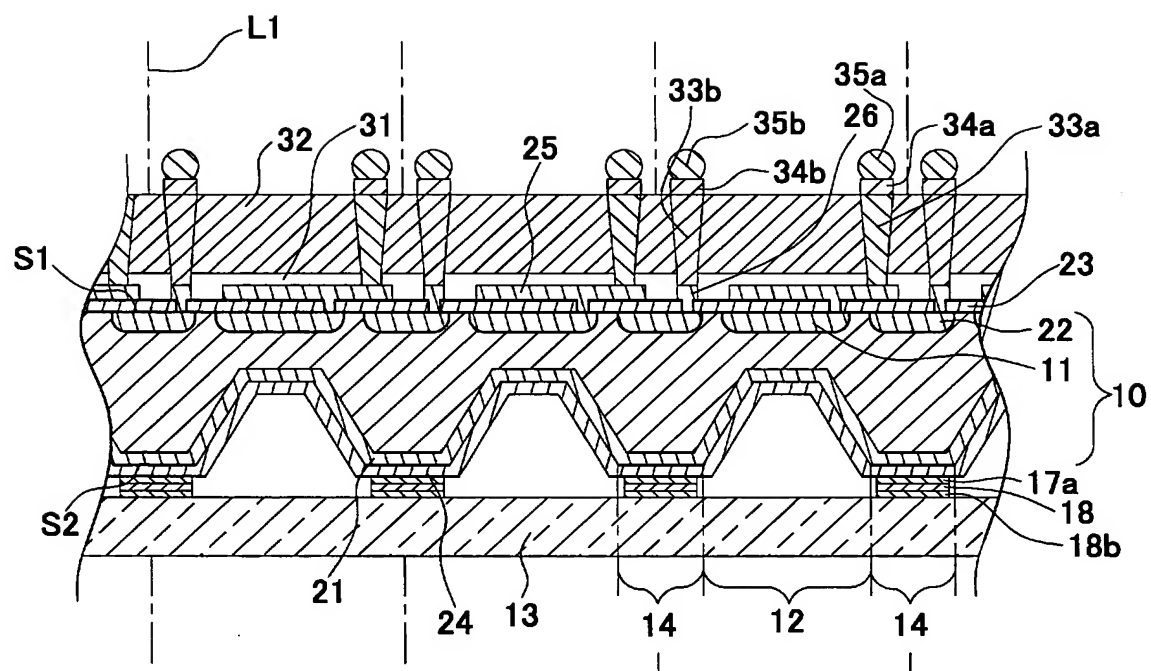
[図65]



[図66]

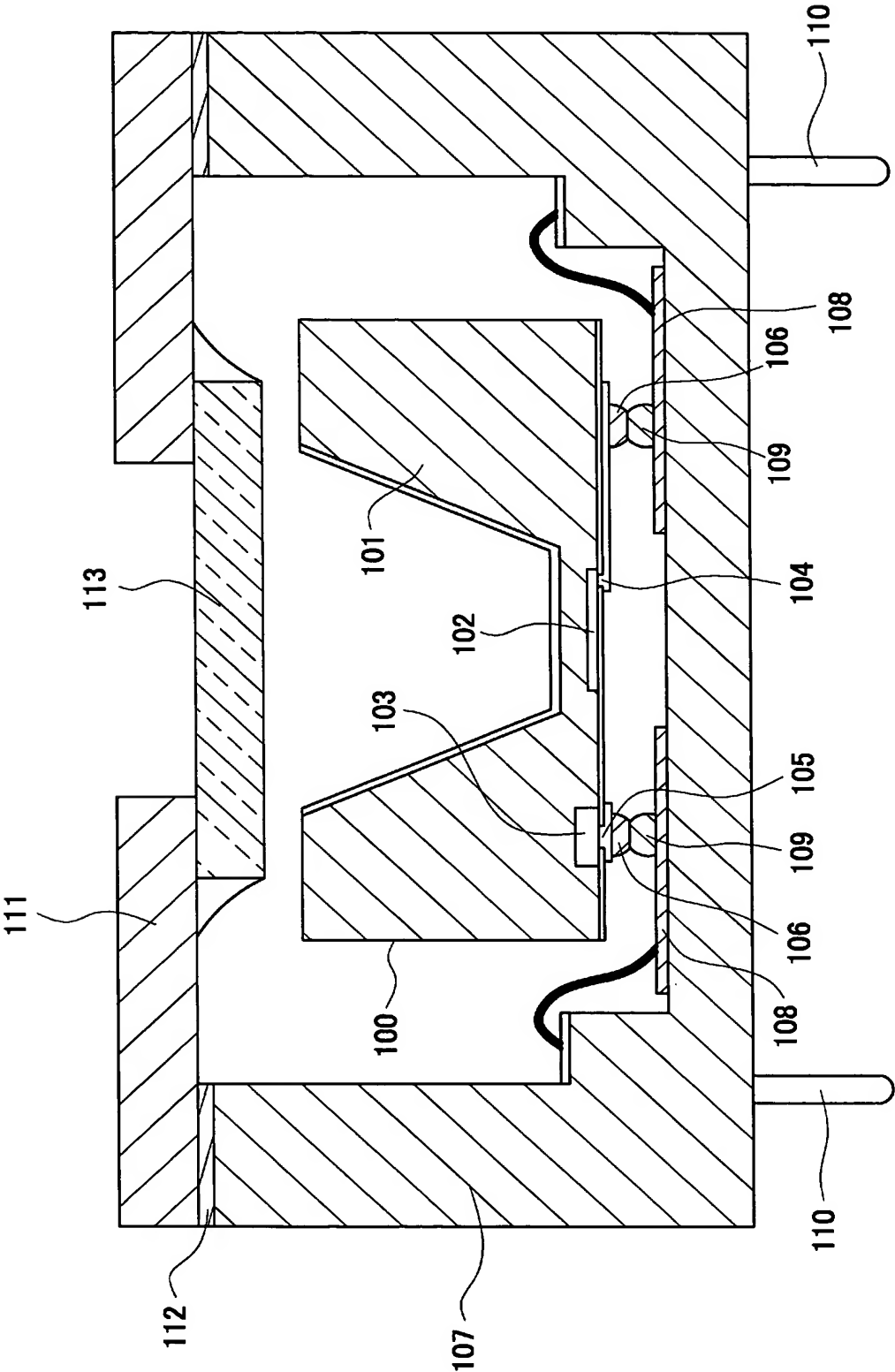


[図67]





[図69]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010503

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L31/10, H01L27/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L31/00-31/10, H01L27/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 96/36999 A1 (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH.), 09 May, 1996 (09.05.96), & EP 771475 A & DE 296023349 U Full text; all drawings & JP 10-508987 A & US 5852322 A1	1-15
Y	JP 2000-299489 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 24 October, 2000 (24.10.00), Full text; all drawings	1-15
Y	Par. Nos. [0009] to [0011], [0018] to [0019] (Family: none)	8-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
22 October, 2004 (22.10.04)Date of mailing of the international search report  
09 November, 2004 (09.11.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010503

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-319669 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 31 October, 2002 (31.10.02), Figs. 1, 4 (Family: none)	2-11
A	JP 2-185070 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 19 July, 1990 (19.07.90), Full text; all drawings (Family: none)	1-15
A	WO 97/23897 A2 (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH.), 20 December, 1997 (20.12.97), & DE 19549228 A1 & EP 868751 A Fig. 5 & CN 1244949 A & JP 2000-502215 A & US 6175141 B1 & AT 233434 T	1-15
Y X	JP 8-111542 A (Seiko Instruments Inc.), 30 April, 1996 (30.04.96), & EP 697743 A1 & US 5763903 A1 Fig. 9; Par. No. [0026]	1-15 1,4,12,13
Y	JP 5-136261 A (Kawasaki Steel Corp.), 01 June, 1993 (01.06.93), (Family: none)	11
Y	JP 8-293476 A (Hitachi, Ltd.), 05 November, 1996 (05.11.96), (Family: none)	11
Y	JP 6-310043 A (Sharp Corp.), 04 November, 1994 (04.11.94), & EP 585081 A1 & US 5442255 A1 Par. Nos. [0044] to [0045], [0058]	5-11,13-15
Y	JP 2000-100980 A (Mitsubishi Electric Corp.), 07 April, 2000 (07.04.00), Par. No. [0023] (Family: none)	5-11,13-15
Y	JP 55-65448 A (Hitachi, Ltd.), 16 May, 1980 (16.05.80), Full text; all drawings (Family: none)	5-11,13-15
Y	JP 9-172029 A (Hitachi, Ltd.), 30 June, 1997 (30.06.97), Full text; all drawings (Family: none)	7-11,15



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010503

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-204336 A (Victor Company Of Japan, Ltd.), 22 July, 1994 (22.07.94), Full text; all drawings (Family: none)	7-11, 15

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L31/10, H01L27/14

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L31/00 - 31/10, H01L27/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 96/36999 A1 (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH) 1996. 05. 09 & EP 771475 A & DE 296023349 U 全文全図 & JP 10-508987 A & US 5852322 A1	1-15
Y	JP 2000-299489 A(浜松ホトニクス株式会社) 2000. 10. 24 (ファミリーなし) 全文全図 段落0009-0011, 0018-0019	1-15 8-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22. 10. 04

国際調査報告の発送日

09.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

近藤 幸浩

2 K

8 4 2 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-319669 A (浜松ホトニクス株式会社) 2002. 10. 31 (ファミリーなし) 図 1, 4	2-11
A	JP 2-185070 A (松下電器産業株式会社) 1990. 07. 19 (ファミリーなし) 全文全図	1-15
A	WO 97/23897 A2 (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH) 1997. 12. 20 & DE19549228 A1 & EP 868751 A Fig. 5 & CN 1244949 A & JP 2000-502215 A & US 6175141 B1 & AT 233434 T	1-15
Y X	JP 8-111542 A (セイコー電子工業株式会社) 1996. 04. 30 & EP 697743 A1 & US 5763903 A1 Fig. 9, 段落0026	1-15 1, 4, 12, 13
Y	JP 5-136261 A (川崎製鉄株式会社) 1993. 06. 01 (ファミリーなし)	11
Y	JP 8-293476 A (株式会社日立製作所) 1996. 11. 05 (ファミリーなし)	11
Y	JP 6-310043 A (シャープ株式会社) 1994. 11. 04 & EP 585081 A1 & US 5442255 A1 段落0044-0045, 0058	5-11; 13-15
Y	JP 2000-100980 A (三菱電機株式会社) 2000. 04. 07 (ファミリーなし) 段落0023	5-11, 13-15
Y	JP 55-65448 A (株式会社日立製作所) 1980. 05. 16 (ファミリーなし) 全文全図	5-11, 13-15
Y	JP 9-172029 A (株式会社日立製作所) 1997. 06. 30 (ファミリーなし) 全文全図	7-11, 15
Y	JP 6-204336 A (日本ビクター株式会社) 1994. 07. 22 (ファミリーなし) 全文全図	7-11, 15